

SISTEMA DE ACCESO AL AGUA (ACUEDUCTO) WIMPESHI EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

INFORME DE DISEÑO

20 DE NOVIEMBRE DE 2018



WSP COLOMBIA

CARRERA 19 N. 93A - 45

BOGOTÁ D.C.

TEL: +57-1-756-2989





CONTROL DE CALIDAD

REVISIÓN	TEMA	REVISIÓN 1	REVISIÓN 2	REVISIÓN 3	
Observaciones	Ver 1.0 Entrega Inicial	Ver 2.0 Observaciones EGP	Ver 3.1 Modificación #1 (ajustes)	Ver 3.2 Modificación #2 (ajustes)	Ver 3.3 Modificación #3 (ajustes)
Fecha	26/10/2018	31/10/2018	16/11/2018	20/11/2018	24/01/2019
Preparado por	Ing. Hollman Acero Ing. Ana María Bruce Ing. Jesús Mora Ing. Héctor Valbuena				
Revisado por	Ing. Hugo Molano	Ing. JDNavarrete	Ing. JDNavarrete	Ing. JDNavarrete	Ing. JDNavarrete
Autorizado por	Ing. JD Navarrete	Ing. JDNavarrete	Ing. JDNavarrete	Ing. JDNavarrete	Ing. JDNavarrete
Firma					

Tabla de Contenido

1. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	2
1.2. Objeto	3
1.3. Alcance	3
2. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL SISTEMA.....	4
2.1. Descripción del sistema de acceso al agua	5
2.2. Componentes del sistema	7
2.3. Metodología del sistema	7
2.4. Normatividad aplicable	10
2.5. Localización del sistema	13
2.6. Comunidades beneficiadas	14
3. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA.....	16
3.1. Alcance	17
3.2. Diseño hidráulico del sistema	17
3.2.1. <i>Parámetros de diseño</i>	18
3.2.2. <i>Pozo profundo</i>	19
3.2.3. <i>Tanque de almacenamiento agua cruda</i>	26
3.2.4. <i>Sistema de tratamiento</i>	28
3.2.5. <i>Tanque de almacenamiento agua potable</i>	38
3.2.6. <i>Línea de suministro a lavamanos público y baño</i>	42
3.2.7. <i>Sistema de tratamiento y disposición aguas residuales</i>	46
3.2.8. <i>Tanque de almacenamiento comunitario</i>	50
4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA	55
4.1. Alcance	56
4.2. Metodología	56
4.3. Normas Técnicas	56
4.3.1. <i>Normas nacionales</i>	56

Tabla de Contenido

4.3.2. Normas internacionales	58
4.4. Especificaciones de materiales	58
4.4.1. Concretos.....	58
4.4.2. Acero de refuerzo.....	60
4.4.3. Acero estructural.....	60
4.5. Cargas de Diseño – Casos de carga	60
4.5.1. Carga muerta (D).....	61
4.5.2. Carga de fluidos (F).....	61
4.5.3. Carga de suelo (H).....	61
4.5.4. Carga viva (L).....	61
4.5.5. Carga viva de cubierta (Lr)	61
4.5.6. Carga de empozamiento (Le).....	62
4.5.7. Carga de granizo (G).....	62
4.5.8. Carga por temperatura (T).....	62
4.5.9. Carga de viento (W).....	62
4.5.10. Carga de sismo (E).....	63
4.6. Combinaciones de carga	72
4.7. Coeficiente de durabilidad ambiental.....	73
4.8. Diseño del edificio para la PTAP	76
4.8.1. Análisis estructural del edificio de la PTAP.....	77
4.8.2. Resultados del análisis.....	77
4.8.3. Diseño de vigas.....	80
4.8.4. Diseño de columnas.....	92
4.8.5. Diseño de zapatas.....	93
4.8.6. Diseño de correas de la cubierta	94
4.9. Diseño del centro administrativo.....	96
4.9.1. Análisis estructural	97
4.9.2. Resultados del análisis.....	97
4.9.3. Diseño de vigas.....	99
4.9.4. Diseño de columnas.....	106
4.9.5. Diseño de zapatas.....	107
4.9.6. Diseño de correas de la cubierta	107
4.10. Diseño portería.....	110
4.10.1. Análisis estructural.....	110
4.10.2. Resultados del análisis	111

Tabla de Contenido

4.10.3. Diseño de vigas	112
4.10.4. Diseño de columnas	116
4.10.5. Diseño de zapatas.....	117
4.11. Diseño del tanque de agua cruda	117
4.11.1. Fuerzas hidrodinámicas sentido largo	117
4.11.2. Fuerzas hidrodinámicas sentido corto	120
4.12. Diseño estructural de enramada.....	123
4.12.1. Resultados del análisis.....	124
4.12.2. Diseño de vigas.....	125
4.12.3. Diseño de columnas.....	136
4.12.4. Diseño de zapatas.....	137
4.12.5. Diseño de correas de la cubierta.....	138
4.13. Diseño estructura de soporte del tanque comunitario.....	141
4.13.1. Resultados del análisis.....	142
4.13.2. Diseño de vigas.....	142
4.13.3. Diseño de columnas.....	145
4.13.4. Diseño de zapatas.....	145
4.13.5. Diseño de losa.....	146
4.14. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE	149
4.14.1. Fuerzas hidrodinámicas sentido largo	149
4.14.2. Fuerzas hidrodinámicas sentido corto	152
4.14.3. Resultados del análisis.....	155
4.14.4. Diseño de vigas.....	156
4.14.5. Diseño de columnas.....	164
4.14.6. Diseño de zapatas	165
4.15. Diseño del centro comunitario	165
4.15.1. Análisis estructural	165
4.15.2. Resultados del análisis y revisión de perfiles	166
4.15.3. Diseño de correas de la cubierta.....	167
4.15.4. Diseño de muro de contención	170
4.16. Diseño del muro de cerramiento	172
4.16.1. Carga de viento.....	173

Tabla de Contenido

4.16.2.	Resultados del análisis.....	174
4.16.3.	Diseño de vigas.....	176
4.16.4.	Diseño de columnas.....	177
4.16.5.	Diseño de zapatas.....	177
4.17.	Diseño de mezcla para concretos	178
4.17.1.	Asentamiento y contenido de agua	178
4.17.2.	Relación agua/cemento (a/c) y resistencia a la compresión esperada.....	178
4.17.3.	Dosificación de las mezclas de concreto.....	179
4.17.4.	Limitaciones.....	183
4.18.	Conclusiones y recomendaciones.....	184
5. DISEÑO GEOTÉCNICO		185
5.1.	ALCANCE	186
5.2.	GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	186
5.2.1.	Unidades geológicas.....	187
5.2.2.	Liegues y fallas	189
5.3.	CLASIFICACIÓN SÍSMICA DE LA ZONA	190
5.3.1.	Condiciones especiales del subsuelo.....	194
5.4.	ANÁLISIS GEOTECNICO	194
5.4.1.	Correlaciones en suelos granulares.....	195
5.4.2.	Correlaciones en suelos Arcillosos.....	199
5.4.3.	Perfil Estratigrafico	201
5.4.4.	Capacidad portante y asentamientos	203
5.5.	Software.....	214
5.6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	215
5.7.	BIBLIOGRAFIA.....	221
6. DISEÑO ELÉCTRICO		223
6.1.	Alcance.....	224
6.2.	Descripción de la red	224
6.3.	Planos del proyecto.....	224
6.3.1.	Cálculo de la carga y de acometidas eléctricas. 224	

Tabla de Contenido

6.4. Lista de verificación para la presentación de diseños y memorias de diseño en corriente alterna	224
a) <i>Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.</i>	227
b) <i>Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.</i>	227
c) <i>Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.</i>	227
d) <i>Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.</i>	243
e) <i>Análisis de nivel de tensión requerido</i>	246
f) <i>Análisis de campos electromagnéticos</i>	246
g) <i>Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.</i>	247
h) <i>Cálculo de planta de emergencia</i>	247
i) <i>Cálculo del sistema de puesta a tierra.</i>	247
j) <i>Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.</i>	251
k) <i>Cálculos de canalizaciones</i>	252
l) <i>Cálculo de regulación</i>	252
m) <i>Clasificación de áreas</i>	252
n) <i>Diagramas Unifilares</i>	252
o) <i>Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.</i>	252
p) <i>Distancias de seguridad</i>	252

7. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN 254

7.1. Especificaciones generales	255
7.1.1. <i>Bitácora de obra</i>	255
7.1.2. <i>Materiales a suministrar por el Contratista</i>	255
7.1.3. <i>Entrega de las obras</i>	255
7.1.4. <i>Consideraciones ambientales</i>	255
7.1.5. <i>Consideraciones generales</i>	256
7.1.6. <i>Campamento</i>	256
7.1.7. <i>Planos récord</i>	257
7.1.8. <i>Actividades preliminares</i>	257

Tabla de Contenido

7.1.9. Excavaciones.....	257
7.1.10. Entibado Tipo 1A – (Discontinuo en Madera) 258	
7.1.11. Rellenos.....	258
7.1.12. Concretos.....	259
7.1.13. Instalacion de tuberias y accesorios de acueducto presión y sanitaria	261
7.1.14. Aceros.....	262
7.1.15. Control de calidad	262
7.2. Especificaciones particulares.....	264
7.2.1. Pozo.....	264
7.2.2. Cerramiento perimetral.....	274
7.2.3. Edificaciones.....	274
7.2.4. Sistema de pretratamiento	285
7.2.5. Sistema de tratamiento	286
7.2.6. Manejo de aguas residuales de la pila.....	287
7.2.7. Tanques de almacenamiento	288
7.2.8. Sistema eléctrico pila.....	291
7.2.9. Carrotanque.....	291

8. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO 293

8.1. Presupuesto	294
8.2. Cronograma de Obra	294

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades indígenas que se encuentran en el área de influencia del proyecto WIMPESHI, presentan problemas económicos, sociales y ambientales, que deterioran su calidad de vida. La escasez de agua es la principal causa de las problemáticas que agobian dichas comunidades, la afectación en la cantidad y la calidad de agua disponible, que oscila entre agua salobre y agua salada, es la causante del aumento de mortalidad en la zona, las enfermedades intestinales que afectan en gran medida a los niños y la imposibilidad de tener suelos aptos para explotación y desarrollo agropecuario.

Adicional a lo anterior, la falta de interconexión entre las comunidades indígenas Wayuu, la precariedad que presentan las vías en la región y los bajos niveles de lluvia son otras de las razones que contribuyen a la problemática del acceso al agua.

Por otra parte, el agua de la que se abastecen las comunidades indígenas no cuenta con ningún tipo de tratamiento que asegure su calidad para consumo humano y, para su obtención, es necesario caminar grandes distancias.

Como alternativa de solución a la problemática del acceso al agua y parte de su responsabilidad social empresarial, ENEL propone realizar estudios para un sistema de acceso al agua (acueducto) WIMPESHI, el cual abastecerá de agua potable a comunidades indígenas Wayuu. Este sistema contará con un centro de producción de agua compuesto por un pozo subterráneo, una planta desalinizadora y una pila pública, junto con un esquema de rutas semanales para suministrar el agua a los tanques de almacenamiento que estarán ubicados en cada una de las comunidades del proyecto y las dos (2) pilas públicas tipo modelo.

El presente informe contiene los diseños hidráulicos, estructurales y geotécnicos del sistema de acceso al agua WIMPESHI que se desarrollaron de acuerdo al alcance definido por el Cliente. Sin embargo, se aclara que existe un alto grado de incertidumbre en cuanto a características del lugar, cantidad y calidad de agua y condiciones del suelo. Por lo tanto, estos estudios deben ser complementados.

1.2.OBJETO

Elaborar estudios y diseños de los componentes hidráulicos y estructuras del sistema de acceso al agua WIMPESHI, para el abastecimiento de agua potable a las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia del Parque Eólico WINDPESHI y las comunidades aledañas.

1.3. ALCANCE

Desarrollo de estudios y diseños para un sistema de acceso al agua (acueducto) en el área de influencia del proyecto WINDPESHI, ubicado en el departamento de La Guajira, de tal forma que se logre establecer las características, recomendaciones y ajustes necesario para la viabilidad del acueducto de WIMPESHI y así mejorar la calidad de vida y el bienestar de las comunidades indígenas Wayuu por medio del acceso a agua potable.

2. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL SISTEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACCESO AL AGUA

El sistema de acceso al agua en WIMPESHI abastecerá de agua potable a las 400 familias en promedio, miembros de las 12 comunidades que se encuentran en el área de influencia del Parque Eólico WINDPESHI y de las comunidades aledañas a esta área.

Este sistema se compone de dos elementos estratégicos: i) la planta y la pila pública donde se realizará la extracción, la producción y la administración del agua y, ii) las zonas de distribución comunitaria, conformadas por enramadas y tanques de 5.000 y 10.000 litros, donde la comunidad accederá al agua. Las comunidades aledañas serán abastecidas de agua potable por medio de dos pilas públicas tipo modelo, que serán ubicadas estratégicamente para dar cobertura a la población.

Dentro del área donde se ubicará la planta y la pila pública, se encuentra el punto de producción de agua, el cual cuenta con un pozo de aproximadamente 200 metros de profundidad, del cual se espera obtener un caudal de agua cruda de 2 l/s. De acuerdo con sondeos eléctricos provistos por ENEL, la expectativa es que el agua subterránea presente condiciones de alta salinidad; por lo tanto, se plantea un sistema de tratamiento capaz de producir agua potable, cumpliendo con la normatividad nacional de calidad de agua.

El agua subterránea del pozo será enviada a una torre de aireación para luego ser almacenada en un tanque de agua cruda de 40.000 litros. Desde este tanque, se enviará el agua a la planta de tratamiento, donde además de desalinizar el agua, se potabilizará y ésta quedará apta para el consumo humano. Posteriormente, el agua tratada se enviará a un tanque de almacenamiento de agua potable de 45.000 litros, que se encuentra a 3 metros de altura, desde donde se cargará el carrotanque con 10.000 litros, él es el encargado de distribuir el líquido a los tanques comunitarios y a las dos (2) pilas públicas, bajo las definiciones previas de demanda de agua y de administración del sistema.

El rechazo generado en la planta desalinizadora será enviado por medio de una tubería hacia el arroyo más cercano, con el fin de darle manejo al vertimiento. Esta alternativa de manejo requiere autorización de CORPOGUAJIRA, implicando una revisión posterior al análisis de agua de rechazo y la definición del punto de descarga.

El punto de producción se encuentra acompañado de la pila pública, que se compone de un centro administrativo, con dos oficinas, un baño y un lavamanos público; lugar para que la administración del sistema realice las actividades propias de gestión, facturación y control del agua y un centro comunitario, espacio de encuentro y reunión de los miembros de las comunidades.

Las enramadas de cada comunidad tendrán un área de 25 m², y allí estarán ubicados cada uno de los tanques comunitarios, los cuales serán alimentados por el carrotanque con la frecuencia determinada en el ruteo. En el lugar, cada miembro de la comunidad podrá obtener su dotación diaria de agua en pimpinas que también proveerá el sistema. Se plantea que esta zona

comunitaria, además de ser el punto para obtener el agua, sea utilizado como el espacio de encuentro de los miembros de cada comunidad.

Se plantea que la pila publica con el punto de extracción de agua se localice en área de la comunidad Utkap, donde según los estudios geológicos previos, se puede encontrar agua subterránea para abastecer el sistema. Los tanques comunitarios se ubicarán en las comunidades de (1) WIMPESHI, (2) Kamushipaa, (3) Romana, (4) Mashuamana, (5) Yotojoroin, (6) Utkap, (7) Kalichon, (8) Patajatamana, (9) Paliyawin, (10) Jaika Kalinchon, (11) Matajuna, (12) Flor de la Frontera.

El sistema deberá, a su vez, constituir una organización comunitaria, conformada por líderes y autoridades de las distintas comunidades de la zona, que se encargue de la administración del mismo bajo la regulación del Decreto de Pilas Públicas, y en aras de su apropiación y sostenibilidad. Para ello, se debe diseñar y ejecutar un componente de aseguramiento que contemple cinco planes específicos, integrados entre sí, que permiten i) la socialización y concertación del proyecto de forma oportuna y sistemática con las comunidades, ii) la formación en torno al uso del agua y la operación del sistema, iii) la administración del sistema, iv) la comunicación para el desarrollo enfocada en la apropiación del recurso agua y del sistema, y v) el acompañamiento y seguimiento al sistema, la operación y los resultados. Lo anterior, sumado a una evaluación de impacto social con medición de base y medición de control.

En consonancia, y a partir del análisis de las tecnologías disponibles y probadas en Colombia para el tratamiento de agua salada, de las dinámicas de un territorio altamente afectado por el clima y las dificultades de infraestructura, de la legislación vigente en el país respecto a la prestación del servicio básico de agua, y de las expectativas manifestadas por parte de las comunidades de Wimpeshi (pertenecientes a zonas rurales de Uribia y Maicao en la Alta Guajira) se proyecta un acueducto que: i) Extraiga agua subterránea (salada) por medio de un pozo, ii) Trate y potabilice el agua salada mediante ósmosis inversa y procesos de cloración, iii) Administre el agua bajo el modelo de pilas públicas, iv) Acerque el agua a las comunidades por medio de un carrotanque y un esquema de ruteo, v) Facture el agua a cada comunidad por volumen de carrotanque, vi) Establezca pilas públicas, tanques y enramadas comunitarias para el acopio y la entrega del agua potable, y el encuentro colectivo, vii) Fije un mecanismo de microruteo comunitario, viii) Establezca un gran centro de producción y una pila pública principal por seguridad e impacto en los costos de la operación, ix) Contemple un componente integral de aseguramiento con miras a lograr la apropiación social del acueducto e incrementar los niveles de saneamiento en la zona, y x) Conforme una organización comunitaria para la administración del sistema.

Las pilas publicas tipo modelo, serán implementadas siguiendo los lineamientos, diseños y especificaciones del proyecto piloto de Amalina.

2.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

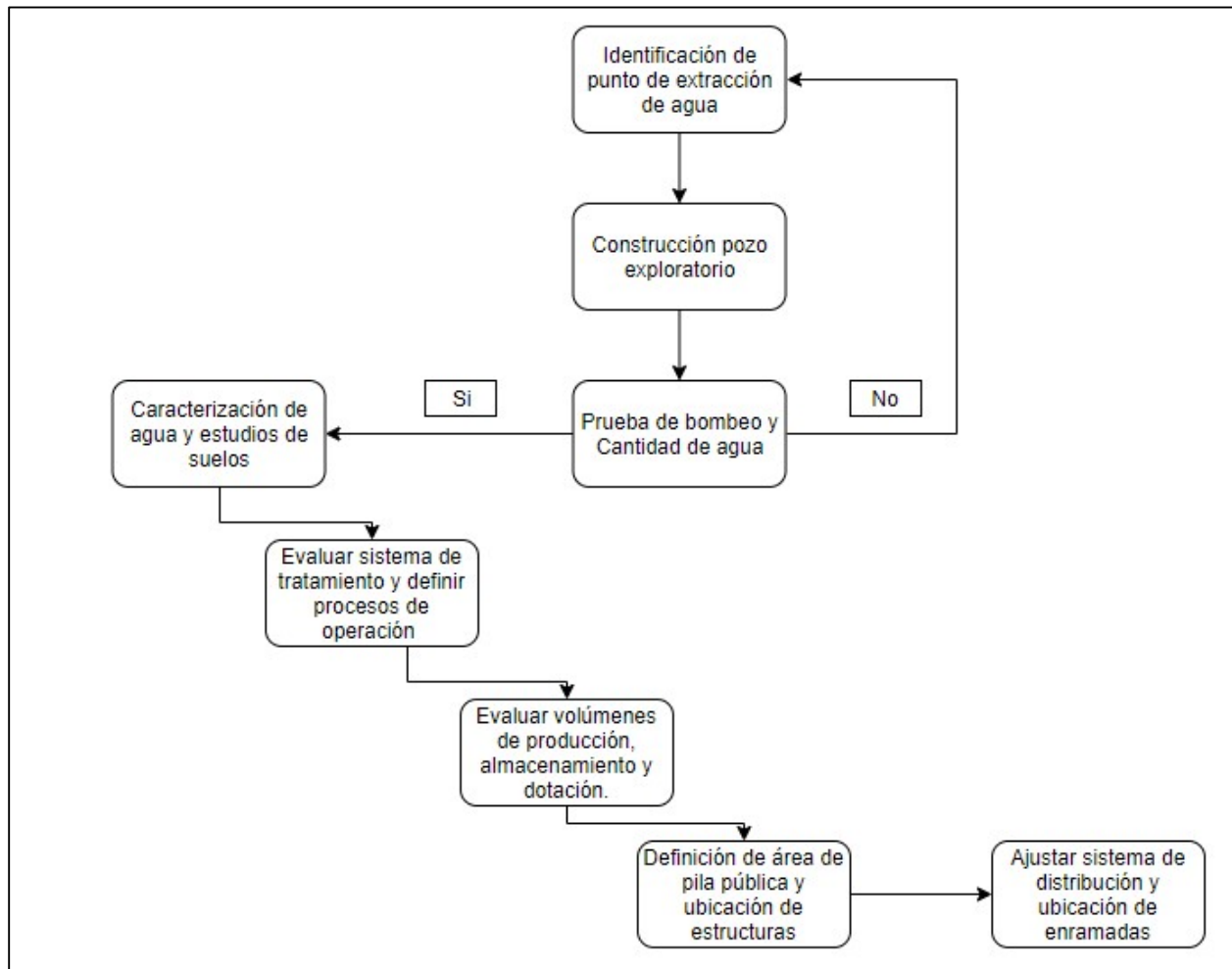
- **Componente de infraestructura:** Consiste en los componentes hidráulicos y estructuras del sistema de acceso al agua desde la obtención del agua, su tratamiento y potabilización, almacenamiento, distribución y entrega a las 12 comunidades que se encuentran en el área de influencia del Parque Eólico WIMPESHI y a las comunidades aledañas. El sistema cuenta con tres infraestructuras articuladoras, la pila pública, donde se produce, administra e inicia la distribución del recurso, el tanque comunitario, donde se entrega el recurso a cada comunidad y las pilas públicas tipo modelo, para el abastecimiento de las comunidades aledañas al área de influencia.
- **Componentes Hidráulicos:**
 - Pozo: Se estima una capacidad de producción de 2 l/s según la información suministrada por pozos explorados cerca de la zona de estudios.
 - Tanque de almacenamiento agua cruda: Volumen de 40.000 litros.
 - Planta de Tratamiento: Requiere pretratamiento adecuado y una capacidad de producir 1 l/s de agua potable.
 - Tanques de almacenamiento de agua potable: Volumen de 45.000 litros divididos en 3 compartimientos de 15.000 litros c/u.
 - Tanques comunitarios de agua potable: Volumen de 5.000 y 10.000 litros.
- **Estructuras:**
 - Edificio Planta: cuarto de baterías, cuarto de planta desalinizadora y depósito.
 - Centro Administrativo: dos (2) oficinas, baño hidráulico y lavamanos público.
 - Centro Comunitario: gradería.
 - Enramada: área de 25 m².
 - Cerramiento perimetral.
 - Pila pública tipo modelo (2)
- **Componentes Energéticos:**
 - El abastecimiento de energía para la pila pública y el sistema de extracción y tratamiento de agua, se realizará por medio de una conexión a la subestación de energía de ENEL, la cual es alimentada con energía proveniente del Parque Eólico WINDPESHI. Se plantea un back up de energía con electrógeno, para suplir la demanda de energía al inicio del proyecto.
 - Las pilas públicas tipo modelo serán abastecidas por energía solar.

2.3. METODOLOGÍA DEL SISTEMA

Debido a que el sistema de acceso al agua WIMPESHI no cuenta con ningún tipo de infraestructura en la actualidad, ni se tiene identificado el lugar de extracción de agua

subterránea; es necesario seguir la siguiente metodología, para definir el sistema definitivo a implementar y llevar a cabo la construcción.

Figura 1 Metodología del diseño técnico del sistema



Fuente: WSP, 2018.

El sistema de acceso al agua dependerá en su totalidad de la ubicación del pozo profundo para la extracción del agua subterránea y de la calidad de agua, con esta información se evaluarán procesos de tratamiento y volúmenes del sistema.

De acuerdo con los sondeos eléctricos realizados en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Parque Eólico WINDPESHI, se concluye que en la comunidad de Utkap se puede encontrar agua desde los 50 metros de profundidad, encontrando gravas y arenas saturadas con agua salada. Esto también permite concluir que existe una alta probabilidad de encontrar agua salada en los niveles superiores, sin embargo, no se descarta encontrar agua salobre a mayor profundidad.

Para garantizar el funcionamiento adecuado y sostenible del sistema, se tiene que tener en cuenta los siguientes componentes:

- El abastecimiento energético de la pila pública y el sistema de extracción y tratamiento de agua potable será proporcionado por el Parque Eólico WINDPESHI, el cual entregará un punto de energía dentro de la pila. Desde este punto, se realizarán las conexiones eléctricas para suministrar la energía interna que requiere el sistema en su totalidad.
- El sistema de tratamiento del agua subterránea debe contemplar la osmosis inversa como desalinizador, y a partir del análisis del agua, evaluar la necesidad de implementar otros procesos como una torre de aireación o suavizador, entre otros. Esta planta estará ubicada dentro del edificio denominado edificio planta, que tendrá las adecuaciones, elementos e insumos necesarios para su adecuada operación y mantenimiento.
- Los tanques de almacenamiento de agua cruda y agua potable deben asegurar los volúmenes necesarios para la operación del sistema, los tiempos de ruteo, entre otros. El tanque de agua potable, asegurará la descarga de agua al carro tanque a gravedad.
- El centro administrativo contará con un lavamanos público, que permita a las personas que visiten la pila pública, acceder al agua de manera constante, bien sea su consumo o para el lavado de manos. Además, se considera implementar un baño hidráulico, para uso exclusivo de los encargados de la pila pública.
- El área de producción de agua, donde se encuentra la pila pública requiere de un operador, encargado de la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento, un encargado de la administración del sistema, el cual llevará el control de la facturación y distribución del agua, y, por último, una persona de seguridad, que controle el flujo de personas, del carro tanque y supervise la seguridad del área.
- La persona encargada del carro tanque debe ser personal directo del sistema.
- El carro tanque debe asegurar una capacidad mínima de 10.000 litros, que no demore más de 15 minutos en carga.

En cuanto al aseguramiento del acceso al agua por parte de las comunidades, es importante que la ubicación de cada enramada, sea estratégica con respecto a las distancias de las rancherías, con el fin de disminuir los tiempos de recorrido para adquirir el recurso y así mejorar la condición actual, donde las personas deben caminar largas distancias, superiores a una hora.

Todas las comunidades del área de influencia WIMPESHI contarán con una enramada y un tanque de almacenamiento, sin embargo, el volumen del tanque dependerá del número de habitantes por comunidad. Se colocarán 8 tanques de 5.000 y 4 tanques de 10.000 litros.

Siendo este un proyecto con afectación directa a las comunidades indígenas, todas las acciones que se realicen en pro del sistema, deberán ser consultadas y acorde con la identidad cultural de los Wayúu, con el fin de no generar conflictos o disconformidades, y así incentivar la apropiación del sistema por parte de ellos y el sentido de pertenencia.

En cuanto a la dotación diaria, si se consigue cumplir con los estándares de producción calculados, será de aproximadamente 10 l/hab/día, los cuales abastecerán a las personas de agua potable, con el principal objetivo que sea para consumo humano.

2.4. NORMATIVIDAD APLICABLE

Con el objetivo de determinar y analizar la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de los sistemas, los análisis de agua serán comparados con la tabla C.2.1 calidad de la fuente del R.A.S 2017, para así determinar su calidad, y dar una alerta dependiendo del comportamiento de los parámetros. Véase Tabla 1.

Tabla 1RAS 2017 - Calidad de la fuente

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica	Standard Method	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3 Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
	NTC	ASTM				
DBO 5 días	3.630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5.000	> 5.000
Oxígeno disuelto mg/L	4.705	D-888	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
PH promedio	3.651	D 1293	6,0 - 8,5	5,0 - 9,0	3,8 - 10,5	
Turbiedad (UNT)	4.707	D 1889	< 2	2 - 40	40 - 150	≥ 150
Color verdadero (UPC)			< 10	10 - 20	20 - 40	≥ 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	< 1,2	< 1,2	< 1,2	> 1,7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Sí, hay veces (ver requisitos para	SI

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica	Standard Method	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3 Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
	NTC	ASTM				
					uso FIME: literal C.7.4.3.3)	
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1) FIME	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [FiME Filtración en múltiples etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente: RAS 2017 Título C

Adicionalmente, la Resolución 2115 de 2007 establece las características físicas y químicas del agua para consumo humano y que tienen consecuencia económica y directa sobre la salud. Algunos de estos parámetros que tienen seguimiento en las plantas de tratamiento se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros resolución 2115 de 2007 de calidad del agua potable

ELEMENTO	EXPRESADO COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Aluminio residual	Al	0,2
Hierro Total	Fe Total	0,3
Manganeso	Mn	0,1
Turbiedad	UNT	2
Color	UPC	15
pH	Unidades	6,5 a 9,0
Alcalinidad total	mg/l	200
Sulfatos	mg/l	250
Cloro libre	mg/l	0,3 a 0,2
Conductividad	1000	

ELEMENTO	EXPRESADO COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Coliformes totales	UFC/100ml	0
E-coli	UFC/100ml	0

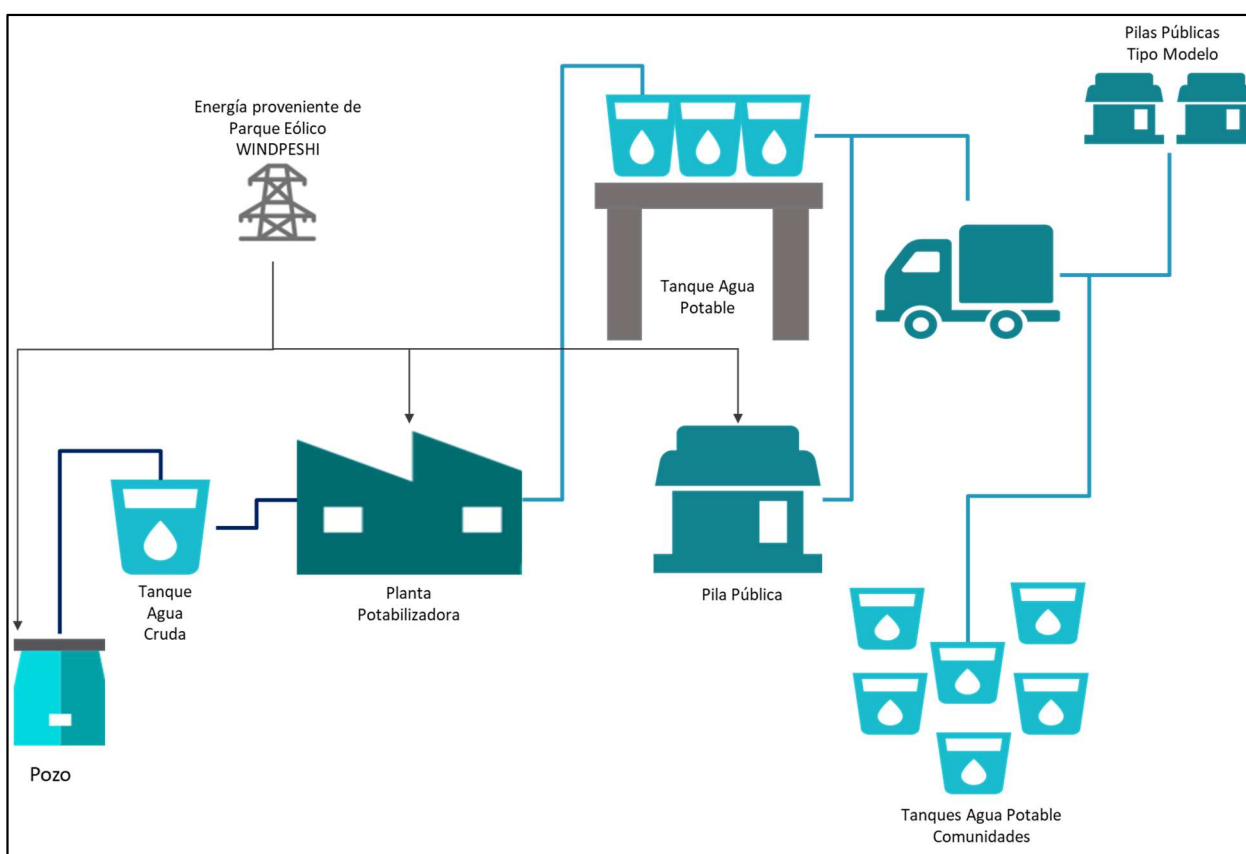
Fuente: Resolución 2115 de 2007

Adicionalmente a la normatividad expuesta se tiene en cuenta la resolución 0330 del 2017 que adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2017, especialmente los títulos C y J del RAS correspondiente a los sistemas de potabilización y las alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural, además de la norma técnica colombiana NTC 539 la cual establece los componentes de los sistemas de agua potable y efectos en la salud, el decreto 1594 de 1984, artículos 38, 39 y 40 expedido por el Ministerio de Agricultura, el decreto 1575 de 2007 el cual establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para Consumo Humano, el decreto 3930 de 2010 y las recomendaciones nacionales e internacionales en diseños de sistemas de tratamiento de agua potable.

2.5. LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA

El punto de producción de agua y la pila pública estarán ubicados en la comunidad de Utkap, mientras que los tanques comunitarios se ubicarán en cada una de las comunidades de influencia del proyecto. Las pilas públicas tipo modelo se ubicarán estratégicamente en la zona de las comunidades que serán abastecidas por ellas. En la Figura 2, se ilustra esquemáticamente el sistema de acceso al agua WINDPESHI, el cual se fundamenta en la extracción de agua por medio del pozo profundo.

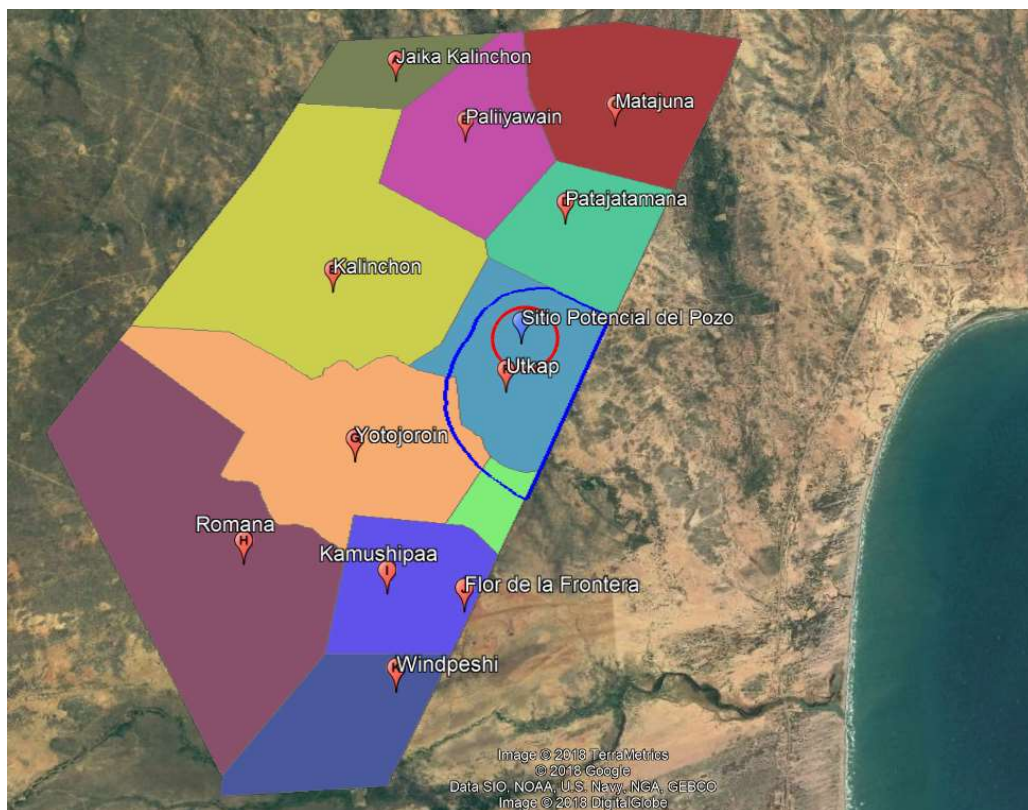
Figura 2 Esquema del sistema WINDPESHI comunidades del área de influencia 6



Fuente: WSP, 2018.

En la Figura 3, se muestra geográficamente la ubicación de las 12 comunidades que se encuentran en el área de influencia del proyecto WINDPESHI; además, se identifica el área del posible lugar donde se ubique el pozo de exploración y posteriormente, pozo de explotación de agua subterránea. Cabe resaltar que la comunidad Flor de la Frontera se organizó recientemente y, por tanto, no tiene división geográfica.

Figura 3 Ubicación geográfica comunidades indígenas



Fuente: Google Earth.y WSP

2.6. COMUNIDADES BENEFICIADAS

Las 12 comunidades que se encuentran en el área de influencia del Parque Eólico WINDPESHI y su respectiva población para el año 2016, se presentan en la Tabla 1:

Tabla 3 Listado de comunidades con poblaciones

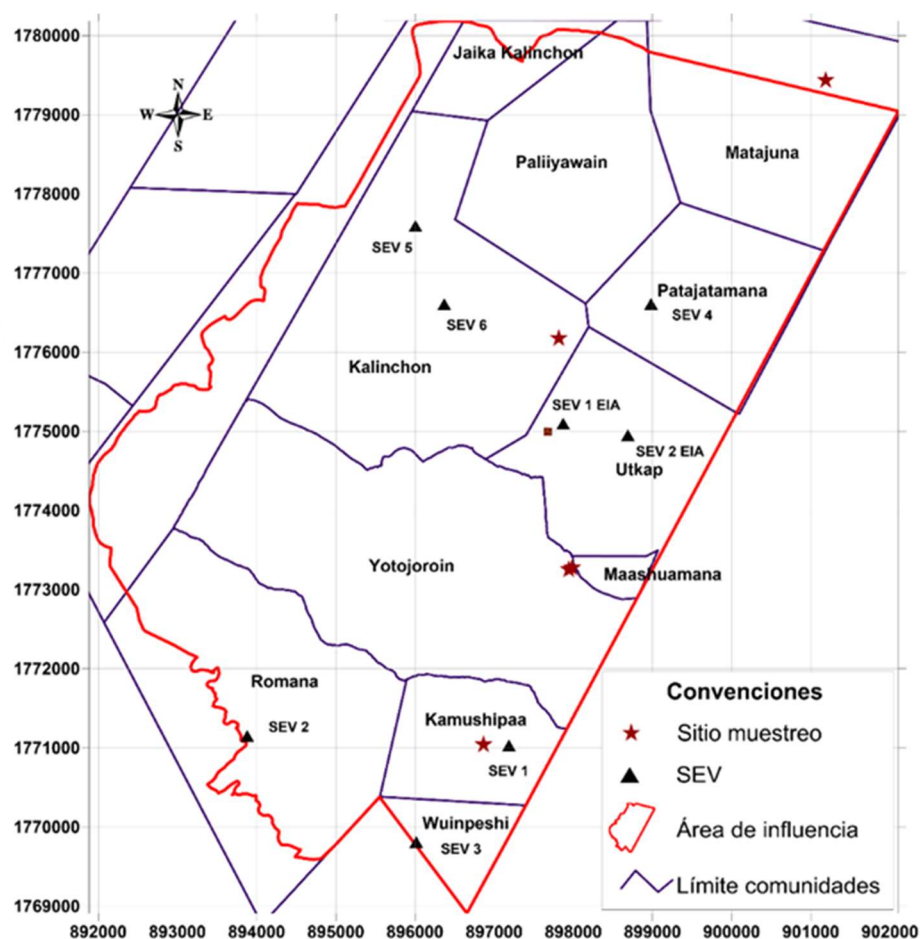
COMUNIDAD	TOTAL POBLACIÓN
Wimpeshi	151
Flor de la frontera	138
Matajuna	380
Jaika kalinchon	118
Kalinchon	105
Yotojoroin	105
Romana	93

Paliyawain	85
Patajatamana	51
Kamushipa	41
Mashuamana	39
Utkap	38
TOTAL	1,344

Fuente: Enel - Compartamos con Colombia.

En la Figura 4, se muestra el área de influencia del parque Eólico WINDPESHI, con sus respectivas comunidades. Además, se identifican los puntos donde se realizaron sondeos eléctricos verticales, que se utilizan como base para determinar la posible calidad del agua subterránea a encontrar.

Figura 4 Localización de sondeos eléctricos y comunidades del área de influencia WINDPESHI



Fuente: Antea Group, 2017 y 2018.

3. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA

3.1. ALCANCE

Realizar estudios y diseños de todos los componentes hidráulicos necesarios para el sistema de acceso al agua (acueducto) WIMPESHI, dando cumplimiento con la normatividad nacional vigente y las necesidades de operación y producción de agua para las comunidades del área de influencia del proyecto en el departamento de la Guajira.

En este numeral se presentan los estudios de las estructuras hidráulicas que se han propuesto para el sistema, el cual contará con un punto de extracción de agua, planta de tratamiento para potabilización y tanques de almacenamiento para su distribución

3.2. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA

A partir de la información proporcionada por ENEL, las necesidades de las comunidades del área de influencia y el análisis de alternativas en términos sociales, económicos, técnicos y ambientales, se obtiene como opción factible la construcción del sistema de acueducto WIMPESHI, el cual contará principalmente con unidades de extracción, potabilización y almacenamiento de agua potable, además de una pila publica que administre el recurso. El sistema de acueducto deberá estar compuesto mínimo por las siguientes unidades:

- Un (1) Pozo profundo, con bomba tipo lapicero para la extracción del agua cruda, se estima con una profundidad de 200 m y una capacidad de producción mínima de 2 l/s. se incluirán un medidor de caudal a la salida de la unidad.
- Un (1) Tanque de almacenamiento de agua cruda, dividido en dos cámaras independientes con un volumen total de 40.000 litros.
- Una (1) Planta de Tratamiento compacta de agua potable con una capacidad mínima de producción de 1 l/s. esta cuenta con sistemas de filtración, micro-filtración, ósmosis inversa y desinfección, además de bombas de presión y sus respectivos sistemas de control y limpieza. Se estima un pre-tratamiento compuesto por una torre de aireación y un sistema de suavizado.
- Un (1) tanque de almacenamiento de agua potable dividido en 3 cámaras independientes de 15.000 litros cada una, para un volumen total de 45.000 litros, se incluirán un medidor de caudal a la salida de la unidad.
- Un (1) lavamanos público, el cual entrega el agua potable en la pila publica en 6 puntos.
- Doce (12) Tanques comunitarios de agua potable, ocho tanques con volumen de 5.000 litros y cuatro con un volumen de 10.000 litros .

Adicionalmente, la pila publica contará con la siguiente infraestructura para su adecuado funcionamiento:

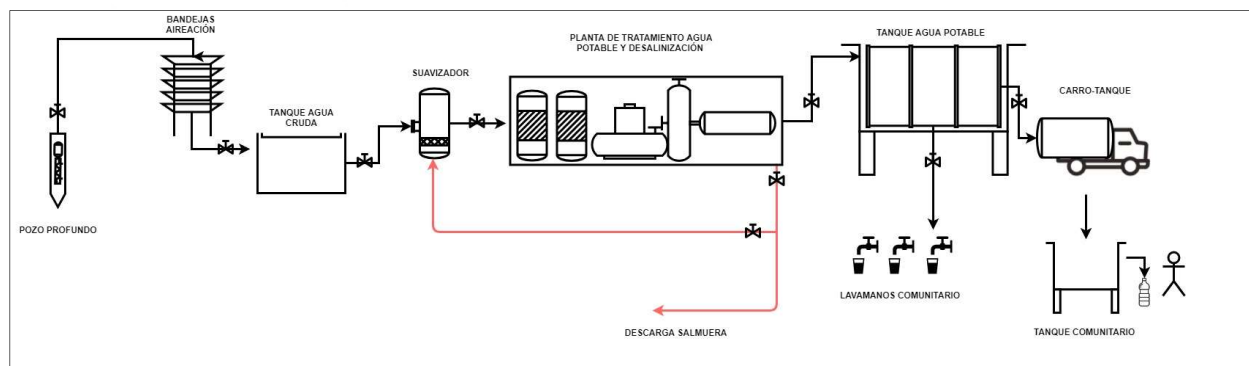
- Edificio administrativo y edificio con cuarto para la planta, depósito y espacio para el control del sistema.
- Centro comunitario.

- Caseta de vigilancia, parqueadero y cerramiento perimetral electrificado.
- Sistemas de abastecimiento interno y manejo de aguas negras.
- Sistema de desagüe para aguas lluvias y rebose de unidades.
- Pasarelas, escaleras y barandas para la adecuada operación y mantenimiento de unidades.

Cabe resaltar que no se cuentan con análisis fisicoquímicos de agua y estudios hidrogeológicos; por lo tanto, se asumen las condiciones más críticas para el pre-dimensionamiento de las unidades respecto al caudal, la calidad del agua, el nivel freático y la litología del terreno. De acuerdo con los sondeos eléctricos existentes y a la caracterización de agua de algunos pozos y aljibes cercanos al área de la comunidad de Utkap, se espera que la fuente subterránea pueda suministrar un caudal de 2 l/s, presente condiciones de agua salobre con posibilidad de agua salada, niveles bajos de oxígeno, temperaturas por encima de los 30°C, condiciones de alcalinidad y dureza altas, además de la presencia de hierro. Por lo anterior, se plantea un sistema de potabilización capaz de tratar aguas con estas características, cumpliendo con la normatividad vigente de calidad de agua.

Se recomienda realizar caracterizaciones de agua y demás estudios pertinentes para asegurar que el tipo de tecnología a implementar tenga la capacidad requerida, además de ser la más adecuada para el tratamiento de las características encontradas en la fuente.

Figura 5 Esquema del sistema de acueducto WIMPESHI



Fuente: WSP, 2018.

3.2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

En los siguientes numerales se describe cada una de las unidades, instalaciones e infraestructuras mencionadas, incluyendo también criterios de diseño y dimensiones. A continuación, se relacionan los datos y valores de inicio para el desarrollo del pre-dimensionamiento de los procesos.

Los caudales de captación, tratamiento y la dotación se acordaron con funcionarios de ENEL, para garantizar el suministro y abastecimiento de la población. Como se mencionó con anterioridad, no se cuenta con análisis fisicoquímicos del agua a tratar, por lo cual el pre-

dimensionamiento de todas las unidades y los tipos de procesos se desarrollarán bajo supuestos, condiciones críticas e información secundaria.

Tabla 4 Parámetros de diseño acueducto WIMPESHI

Parámetro	Valor
Caudal máximo de captación (l/s)	2
Caudal de salida planta (l/s)	1
Dotación aprox (l/hab-día)	20*
Temperatura del agua (°C):	30.0
Peso específico del agua (kg/m ³):	9764
Viscosidad Dinámica (N*s/m ²):	7.080E-04
Viscosidad Cinemática (m ² /s)	8.000E-07
Densidad (kg/m ³):	995.70
Gravedad (m/s ²)	9.81

*La dotación dependerá del caudal de extracción autorizado y la población se pueda asentar en el proyecto.

Fuente: WSP, 2018.

3.2.2. POZO PROFUNDO

Teniendo en cuenta que para el suministro de agua subterránea es necesario realizar un estudio de hidrogeología, que comprende las actividades sondeos geoeléctricos, prospección y exploración de pozo, así como prueba de bombeo, estratigrafía y diseño final de pozo; se revisó la información secundaria disponible con el fin de determinar la factibilidad de obtener agua subterránea.

La información secundaria con la que se cuenta son sondeos geoeléctricos realizados en cercanías al punto seleccionado para la construcción de un pozo para la captación de agua subterránea, con los cuales se realizará una comparación con el fin de establecer una profundidad posible de extracción

Es importante indicar que sólo la prospección y exploración de un pozo exploratorio en el sitio seleccionado permitirá establecer si hay agua en el subsuelo, la cantidad explotable y la calidad de la misma; ningún otro método dará esta información con suficiente certeza. Por lo anterior, las conclusiones de este estudio son indicativas, no corresponden a diseños constructivos.

El presente documento constituye una referencia para la contratación de estudios más detallados como estudio hidrogeológico, sondeos geoeléctricos específicos, prospección y exploración del pozo. Para el proceso constructivo será necesario que se analicen los resultados del pozo exploratorio y el estudio estratigráfico, con los cuales se debe realizar el diseño del pozo

definitivo y la construcción del mismo. Se indica que es la autoridad ambiental (Corpoguajira) la entidad que autoriza la construcción y explotación de un pozo definitivo de agua.

3.2.2.1. REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La información secundaria con la que se cuenta son sondeos geoeléctricos realizados en cercanías al punto seleccionado para la construcción de un pozo para la captación de agua subterránea, con los cuales se realizará una comparación con el fin de establecer una profundidad posible de extracción.

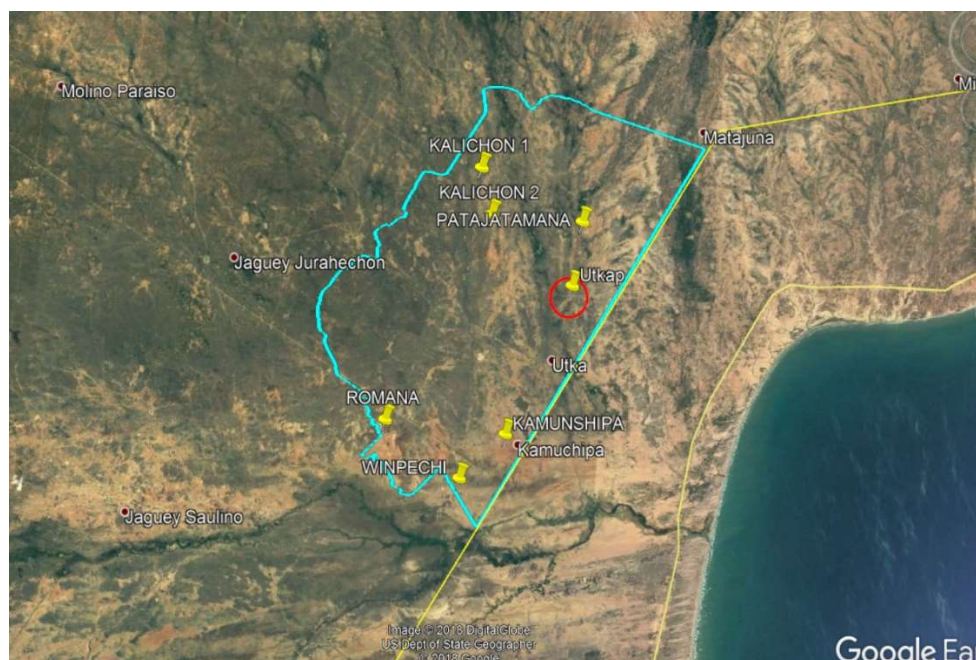
La comunidad seleccionada para realizar el presente estudio de identificación para la explotación de agua subterránea se denomina Utkap, la cual se única a 44 Km aproximadamente por vía terrestre del Municipio de Maicao, Guajira. Cercana a ésta, se realizaron 6 prospecciones geoeléctricas de las que se tomará información para con el fin de realizar una extrapolación de la información para poder inferir la posibilidad de explotación de agua subterránea, tal como se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5 Ubicación de prospecciones Geoeléctricas

SITIO	COORDENADAS		ALTURA (msnm)
	NORTE	OCCIDENTE	
Comunidad Romana	11°34'01.8"	72°03'01.4"	3
Comunidad Patajatamana	11°37'00.00"	72°00'13.70"	10,6
Comunidad KALINCHON (1)	11°37'31.70"	72°01'52.00"	18,3
Comunidad KALINCHON (2)	11°36'59.60"	72°01'39.90"	12,3
Comunidad KAMUNSHIPA	11°33'58.30"	72°01'12.30"	3,7
Comunidad WINPECHI	11°33'18.40"	72°01'50.80"	38

Fuente: Enel – Compartamos con Colombia.

Figura 6 Ubicación de puntos de prospección geoelectrica



Fuente: WSP, 2018.

Al revisar la metodología, los resultados y conclusiones de las prospecciones geoelectricas se evidencia que el agua a captar puede ser salobre o salada, de tal manera que cualquier explotación que se realice para consumo humano requiere de un tratamiento que permita su uso.

Por otro lado, los informes aclaran que “el método geofísico no da información sobre las propiedades hidráulicas del subsuelo, siendo necesario realizar pruebas de bombeo al momento de construir un pozo, para estimar la productividad de la captación construida”, recalcando en la conclusión de los informes la necesidad de realizar pozos exploratorios, “con toma de muestras de los sedimentos y la realización de un electropelaje (Registro Geofísico), que permita definir la Calidad del agua de las zonas porosas a captar (Diseño del Pozo)”.

De las conclusiones emitidas por las prospecciones geoelectricas se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 6 Resultados prospecciones geoelectricas

	COORDENADAS		ALTURA (msnm)	Tipo de agua encontrada	Profundidad de ubicación de agua	Profundidad recomendada para pozo exploratorio
	NORTE	OCCIDENTE				
Comunidad Romana	11°34'01.8"	72°03'01.4"	3	Salobre	82,3	180

	COORDENADAS		ALTURA (msnm)	Tipo de agua encontrada	Profundidad de ubicación de agua	Profundidad recomendada para pozo exploratorio
	NORTE	OCCIDENTE				
Comunidad Patajatamana	11°37'00.00"	72°00'13.70"	10,6	Salada	33,3	133
Comunidad KALINCHON (1)	11°37'31.70"	72°01'52.00"	18,3	Salada	45,2	145
Comunidad KALINCHON (2)	11°36'59.60"	72°01'39.90"	12,3	Salobre	49,3	150
Comunidad KAMUNSHIPA	11°33'58.30"	72°01'12.30"	3,7	Salobre	60,3	160
Comunidad WINPECHI	11°33'18.40"	72°01'50.80"	38	Salobre	50,6	150
PROMEDIO				Salobre	53,5	153

Fuente: Información proporcionada por ENEL

Con la información anterior y los resultados geoelectricos de las 6 prospecciones cercanas al punto seleccionado, se podría estimar que el posible pozo para la explotación de agua tendría las siguientes características:

Tabla 7 Posibles características geoelectricas del subsuelo donde se desarrollará el pozo de aguas subterráneas

N	P (ohm-m)	h (m)	d (m)	Alt (m)
1	18,93	1,06	1,06	-1,07
2	2,59	14,06	15,14	-15,13
3	4,58	3,12	9,28	-9,24
4	4,36	20,34	29,58	-28,99
5	3,76	37,6	44,4	-44,38
6	5,46			

Fuente: Información proporcionada por ENEL

Por lo anterior, se puede estimar que el tipo de agua a obtener para el caso de una explotación de agua subterránea es salobre y se podría encontrar a una profundidad entre 40 y 60 metros, por lo tanto, se recomendaría un pozo exploratorio con profundidad entre 150 a 160 metros. En todo caso, es necesario realizar una prospección geoeléctrica que permita tener información más acertada.

Para establecer la capacidad del pozo, el caudal del mismo y el abatimiento que se pueda presentar, se requiere de una perforación exploratoria que permita establecer dichos valores.

- Profundidad de perforación pozo exploratorio: 200 m
- Diámetro de perforación pozo exploratorio: 15.2 cm (6 pulg)
- Diámetro de pozo definitivo: 25 cm (10 pulg)
- Caudal mínimo a extraer: 2 l/s. (31.7 gal/min)
- Bomba: Lapicero
- Energía: Corriente eléctrica
- Especificaciones especiales: Agua Salobre o Salada
- Material de tubería del pozo: PVC
- Nivel estático: 50 m
- Nivel dinámico: 150 m

3.2.2.2. SELECCIÓN DE LA BOMBA

Las bombas que por lo general se utilizan en pozos profundos son las de tipo lapicero, las cuales permiten la extracción de agua en pozos profundos.

La bomba debe tener mínimo las siguientes características, de acuerdo con la Tabla 8.

Tabla 8 Características mínimas del conjunto bomba-motor seleccionado

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA	
Tipo de bomba	Centrífuga para pozo de 4"
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Válvula cheque	Incorporada
Temperatura Max. Líquido	104° F (40 ° C) Continua
CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR	
Tipo	Eléctrico
Aislamiento	Clase B
Voltaje	220 V
Factor de Servicio	1.15

Fuente: WSP, 2018

3.2.2.3. SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DE POZO

Por lo general, es preciso revestir el pozo, lo que se hace por medio de una tubería que puede ser provisional o definitiva. La finalidad más frecuente de la primera es la de sostener, mientras se prosigue el avance de la perforación, los horizontes ya perforados.

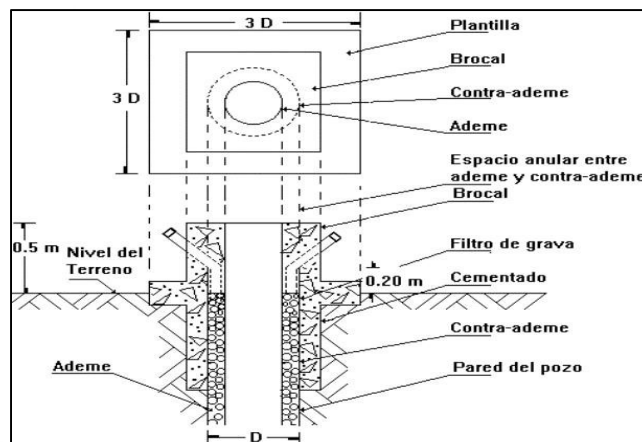
El entubado definitivo de un pozo desempeña en general, dos misiones fundamentales: sostener las paredes de la perforación y constituir la conexión hidráulica que pone el acuífero en comunicación con la superficie de terreno o con los elementos de extracción correspondientes.

El diseño del entubado de un pozo debe tener en cuenta el diámetro de la tubería el cual debe ser lo suficientemente ancho para permitir una eficiente instalación de la bomba. El tamaño de ésta es el factor que controla el diámetro del entubado y es recomendable que sea dos unidades mayores que el diámetro nominal de la bomba.

La selección del material de entubado está basada en la calidad del agua, profundidad del pozo, costos, diámetro de la perforación y método de perforación. Los materiales más usados son acero, PVC, fibra de vidrio, y asbesto-cemento. El acero es el más frecuentemente utilizado, pero el PVC también es muy empleado, sobre todo en áreas donde el agua es altamente corrosiva y los pozos tienen profundidades menores de 300 m.

En la Figura 7 se observan los componentes de un pozo, los cuales deben ser calculados para su diseño.

Figura 7 Componente de pozo para aguas subterráneas

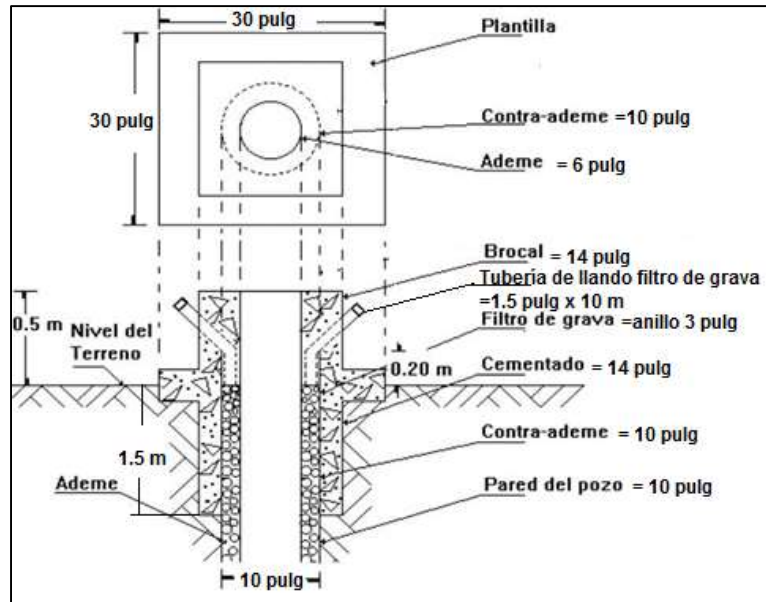


Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996

- Ademe: Es el diámetro de entubado del pozo = 2 Diámetros más que la bomba seleccionada
- La bomba seleccionada es 4 pulgadas, por lo tanto, el diámetro del Ademe es 6 pulgadas.
- Filtro de grava: Para construir el filtro se toman 3 pulgadas a cada lado del diámetro del Ademe

- Contra Ademe: Es el diámetro de que se construirá de para la pared del pozo, el cual teniendo el diámetro del Adame y 3 pulgadas de grava a cada lado se estima que el Contra Adame tendría un diámetro de 10 pulgadas.
- Cementado: Es la estructura que servirá como filtro sanitario para evitar contaminación del pozo. Se estiman 2 pulgadas a cada lado del Contra Ademe, es decir que el diámetro del cementado será de 14 pulgadas.

Figura 8 Dimensiones finales diámetro del pozo



Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996

3.2.2.4. SELECCIÓN TUBERÍA RANURADA

Esta selección debe realizarse cuando se haya construido el pozo exploratorio y se tenga la estratigrafía del mismo, ya que con esta se puede establecer las características del suelo, en especial la determinación de la conductividad hidráulica y los sedimentos presentes. Adicional a lo anterior, será CORPOGUAJIRA quien apruebe el diseño definitivo del pozo, el caudal a captar y la profundidad de instalación de la bomba y de instalación de la tubería ciega.

Teniendo en cuenta que este diseño de pozo corresponde a nivel de factibilidad, se indican las posibles cantidades y ubicación de la tubería ciega y ranurada, considerando las premisas planteadas.

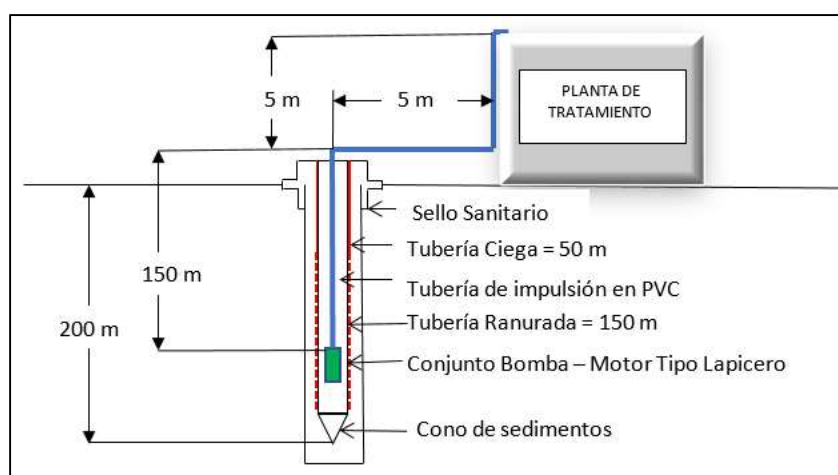
- Pozo exploratorio: 200 metros de profundidad
- Altura dinámica: 150 m
- Altura estática 50 m
- Diámetro del pozo: 6 pulg

- Pared del Pozo: 10 pulg
- Grava: ½ pulg
- Tubería Ranurada: 6 pulg, con espaciamiento entre ranuras de ¼ pulg (6.34 mm) y ancho de la ranura 0.06 mm.

Por lo anterior, se plantea tubería ciega desde el nivel del terreno hasta una profundidad de 50 m en diámetro de 6 pulg y la tubería ranurada a partir de la tubería ciega hasta la profundidad de 200 metros

3.2.2.5. ESQUEMA GENERAL DEL POZO DE EXPLORACIÓN

Figura 9 Esquema general del sistema



Fuente: WSP, 2018

3.2.3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO AGUA CRUDA

Para el almacenamiento del agua cruda que proviene del pozo profundo se proyecta un tanque en concreto con dos compartimientos, el cual tendrá una capacidad total de 40.000 litros, volumen que asegura el suministro constante de agua cruda a la planta de tratamiento sin la necesidad de bombear y extraer agua del pozo por tiempos prolongados. Debe contar con elementos de ventilación, accesos, sistemas de medición (regleta volumétrica), reboses e interconexiones, así como tuberías y válvulas de control, siguiendo las recomendaciones del RAS 2017. Las paredes internas deben llevar un revestimiento epoxi que evite el deterioro de la estructura por el contenido de sales, de acuerdo a lo estipulado en la norma ANSI NSF 61. A continuación, se muestra el dimensionamiento de la estructura.

Tabla 9 Dimensionamiento tanque de agua cruda acueducto WIMPESHI

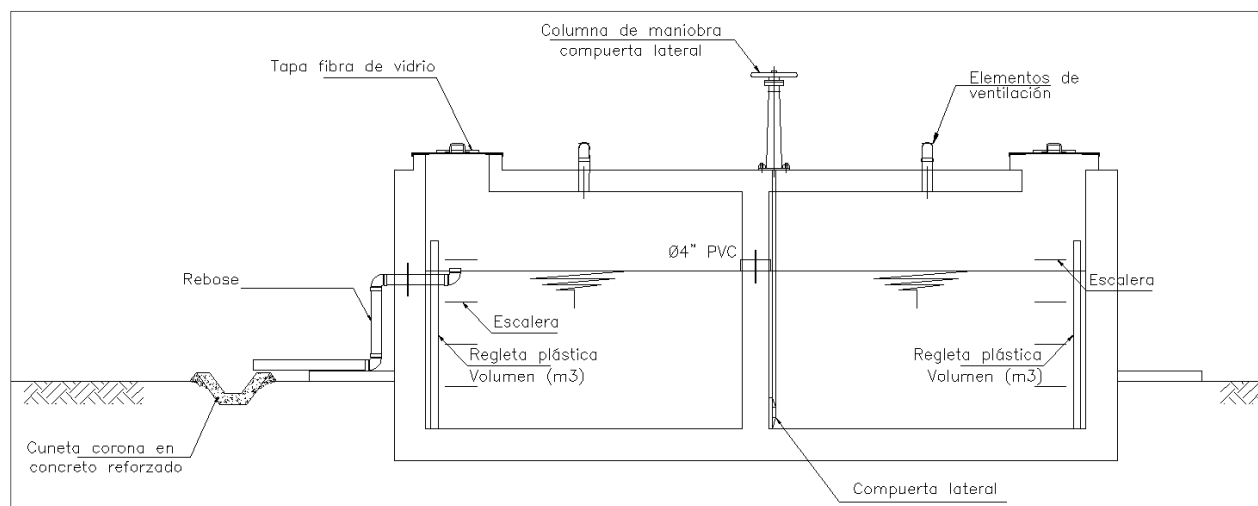
Parámetro	Valor	
Volumen de diseño	VD =	40000 L

Parámetro	Valor	
	VD =	40.0 m ³
Numero de tanques	Nt=	2.00
Área superficial (m ²):	A=	13.33
Relación L/B	R=	1.50
Largo tanque (m)	L=	4.5
Ancho tanque (m):	B=	3.0
Altura útil (m):	H=	1.50
Borde Libre (m):	BL=	0.30
Altura total (m):	Ht =	1.80

Fuente: WSP, 2018.

En la siguiente figura se observa el tanque de almacenamiento de agua cruda con sus diferentes componentes.

Figura 10 Tanque de almacenamiento agua cruda



Fuente: WSP, 2018.

Al tanque proyectado se le deben instalar regletas de medición volumétrica dentro de los compartimientos con el fin de verificar los niveles y volúmenes de agua almacenada. Cada tanque cuenta con tuberías de salida y de entrada totalmente independientes con sus respectivas válvulas de control tipo mariposa, al igual se plantea una compuerta de interconexión entre tanques y tuberías de rebose.

Para la conducción del agua desde las bandejas de aireación (en caso de ser necesarias) al sistema de entrada del tanque, se proyectan tuberías independientes a cada compartimiento

con capacidad de transportar el caudal máximo de entrada al tanque, esta descarga será controlada con válvulas tipo mariposa, el sistema funcionará por medio de gravedad y utilizará tuberías en PVC.

Para el diseño de la línea de rebose del tanque hacia el canal de desagüe interno de la pila pública, se determina el diámetro necesario para asegurar velocidades óptimas en el sistema, que garantice que las pérdidas por fricción no sean muy elevadas y que no se genere acumulación de sedimentos. El caudal de diseño de la línea de entrada y rebose será de 2 l/s, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 10 Cálculo líneas de entrada y rebose del tanque de agua cruda acueducto WIMPESHI

Parámetro		Valor
Caudal (L/s)	Q=	2.00 l/s
Caudal (m ³ /s)	Q=	0.002 m ³ /s
Material Tubería:	M=	PVC
Carga orificio (m):	Ho=	0.020
Área del orificio (m ²)	Ao=	0.0081
Diámetro (m):	Do=	0.102
Diámetro (pulg):		4.00

Fuente: WSP, 2018.

Según los resultados, el diámetro requerido para la conducción es de 0,102 m, por ende, las tuberías de entrada al tanque y de rebose serán de 4" en PVC, garantizando velocidades mayores a 0,6 m/s, condición que permite su auto-limpieza.

Las tuberías de salida del tanque dependerán del diámetro requerido para la entrada a la planta de tratamiento, lo cual se debe definir al momento adquirir los equipos y construir sistema.

3.2.4. SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para potabilizar el agua que se extrae del pozo profundo se proyecta una planta de tratamiento compacta con una capacidad mínima de producción de 1 l/s. Como se ha reiterado con anterioridad al no contar con análisis físicoquímicos de la fuente, no es posible especificar con exactitud el tratamiento requerido para el agua extraída, sin embargo, se asumen las condiciones más críticas para el pre-dimensionamiento de las unidades respecto a las a sondeos eléctricos y a la caracterización de algunas fuentes de agua cercanas al área del proyecto.

Para este estudio, se asume que la fuente subterránea presenta condiciones de agua salada, niveles bajos de oxígeno, temperatura de 30 °C, condiciones de alcalinidad y dureza altas, además de la presencia de hierro, por lo tanto, se plantea un sistema de potabilización capaz de tratar estas características, cumpliendo con la normatividad vigente de calidad de agua. Para la

construcción se debe realizar la caracterización de agua para validar, ajustar los diseños y escoger la tecnología más adecuada para la potabilización de la fuente.

En casos como el de La Guajira, la tecnología más acorde tanto técnica como económica para potabilizar el agua es la desalinización por medio de osmosis inversa, además de ser la técnica más aplicada en este sector del país.

Se proyecta que la planta tenga las siguientes unidades de tratamiento:

- Una (1) torre de aireación.
- Un (1) tanque de suavizado.
- Un (1) sistema de filtración multimedia y micro filtración.
- Un (1) sistema de osmosis inversa.
- Un (1) sistema de desinfección.

La planta debe contar con sus respectivas bombas de presión, sistemas de control, automatización y limpieza, además de tuberías de interconexión y válvulas de control.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las diferentes caracterizaciones realizadas a fuentes cercanas del proyecto, con lo cual se asumen los valores más críticos para el pre-dimensionamiento de las unidades, esta información fue entregada por funcionarios de ENEL.

Tabla 11 Calidad de agua subterránea

Punto de muestreo		Pozo 1	Aljibe 2	Aljibe 3	Aljibe 4	Aljibe 5
Fecha muestreo		28 al 31 de mayo de 2017				
Parámetro	Unidades					
Temperatura Muestra	°C	31,4	30,2	33,1	28,5	32,6
pH	Unidades	8,01	7,22	7,16	6,8	7,3
Conductividad	μS/cm	4,1	10.727 ^(c)	8.150 ^(c)	282	601 ^(c)
Acidez Total	mg/l	20,8	5,88	<2,54	7,56	<2,54
Alcalinidad	mg/l	489	365	531	122	190
Bicarbonatos	mg/l	489	365	531	122	190
Carbonatos	mg/l	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0
Dureza	mg/l	60,2	215*	110	60,2	80,6
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,62	0,71	2,79	0,7	6,34

Punto de muestreo		Pozo 1	Aljibe 2	Aljibe 3	Aljibe 4	Aljibe 5
Color verdadero	UPC	<u>29,7</u>	<5,0	<5,0	11	<5,0
Olor	-	No Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Aceptable	No Aceptable
Sabor	-	No Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Aceptable	No Aceptable
Calcio	mg/l	18,5	59,5	25,4	19	23,3
Magnesio	mg/l	2,86	16,1	11	2,46	5,37
Cloruros	mg/l	<u>729</u>	<u>3.317</u>	<u>2.405</u>	31,2	41
Potasio	mg/l	12,6	7,87	13	7,09	9,26
Sodio	mg/l	717	2.368	1.016	48,3	96
Sulfatos	mg/l	97,9	302	147	<5,0	53
Fosforo total	mg/l	0,958	<0,07	<0,07	0,074	0,321
Nitratos	mg/l	2,29	0,655	<0,50	0,922	1,29
Nitritos	mg/l	4,07	<0,02	<0,02	0,25	2,85
Bario	mg/l	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
Cadmio	mg/l	<0,01	<0,01	<u>0,015</u>	<0,01	<0,01
Hierro	mg/l	0,672	1,49	0,664	0,669	0,287
Mercurio total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Plomo	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sólidos disueltos totales	mg/l	2.136	5.899 ^(c)	4.4	134,3	307 ^(c)
SST	mg/l	<10,0	<10,0	<10,0	14,5	10,5
Sólidos sedimentables	mg/l	0,2	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Sólidos totales	mg/l	2.206	7.49	4.696	186	318
Grasas y Aceites	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Coliformes Totales	UFC/100 ml	840	58	<1	750	31

Punto de muestreo		Pozo 1	Aljibe 2	Aljibe 3	Aljibe 4	Aljibe 5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<u>21.87</u>	88,6	9,7	<u>1.55</u>	<u>1.287</u>

A continuacion se muestran los rangos y valores utilizados para el dimensionamiento de las unidades del sistema.

Tabla 12 Parámetros de diseño planta potabilizadora acueducto WIMPESHI

Parámetro	Valor
Caudal máximo de captación (l/s)	2
Caudal de salida planta (l/s)	1
Dotación aprox (l/hab-día)	20
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0.62 - 6.34
pH	6.8 - 8.01
Conductividad (µ3/cm)	282 - 10727
Sólidos disueltos totales (mg/L)	134.3 - 5899
Sólidos sedimentables (mL/L-hora)	<0.1 - 0.2
Resistividades aparentes (Ohm-m)	6.0 - 10
Hierro (mg/l)	0.287 - 1.49
Temperatura del agua (°C):	30.0

Fuente: Enel.

En los siguientes numerales se describe cada una de las unidades mencionadas incluyendo criterios de diseño y especificaciones necesarias para el proyecto.

3.2.4.1. PRETRATAMIENTO

Como unidades de pre-tratamiento se deberán instalar unas bandejas de aireación y un sistema de suavizado, sin embargo, su construcción puede ser opcional dependiendo de las características del agua del pozo profundo.

3.2.4.1.1. BANDEJAS DE AIREACIÓN

Se proyecta la instalación de bandejas de aireación, con sus respectivos accesorios, tuberías y válvulas de control, tal como se muestra en los planos, esto para tratar el agua que sale del pozo profundo. Estas serán utilizadas para la remoción de olores y gases disueltos, adición de oxígeno, eliminación de gases objetables y para la oxidación de hierro y/o manganos presentes en el agua subterránea. En estas bandejas de fibra de vidrio se distribuye uniformemente material de relleno, como carbón coque, el cual tienen la propiedad de absorber minerales.

Para el proceso unitario de aireación se recomiendan mínimo 4 bandejas con un lecho de coque, las cuales tendrán una capacidad de tratar 2 L/s. Para su construcción se siguen las

recomendaciones del RAS 2017. Se dimensionan las bandejas obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 13Diseño Bandejas de aireación.

Parámetro		Valor
Carga Hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	CH=	68.00
Área total aireación (m^2)	A=	2.54
Número de bandejas (Und)	Nb=	4.00
Área bandeja (m^2)	Ab=	0.64
Largo Bandejas (m)	L=	0.80
Ancho Bandejas (m)	B=	0.80

Fuente: WSP, 2018.

Tabla 14Cálculo número de orificios.

Parámetro		Valor
Orificio φ (pulg)	Do=	0.219
Orificio φ (m)	Do=	0.0056
Área del orificio (m^2)	Ao=	2.42E-05
Altura lámina de agua (m)	h=	0.12
Caudal descarga del orificio (m^3/s)	Qo=	0.000032
Número de orificios (Und)	No=	63
Número de filas (Und)	Nf=	8
Número de columnas (Und)	Nc=	8
Separación entre orificios (m)	So=	0.084

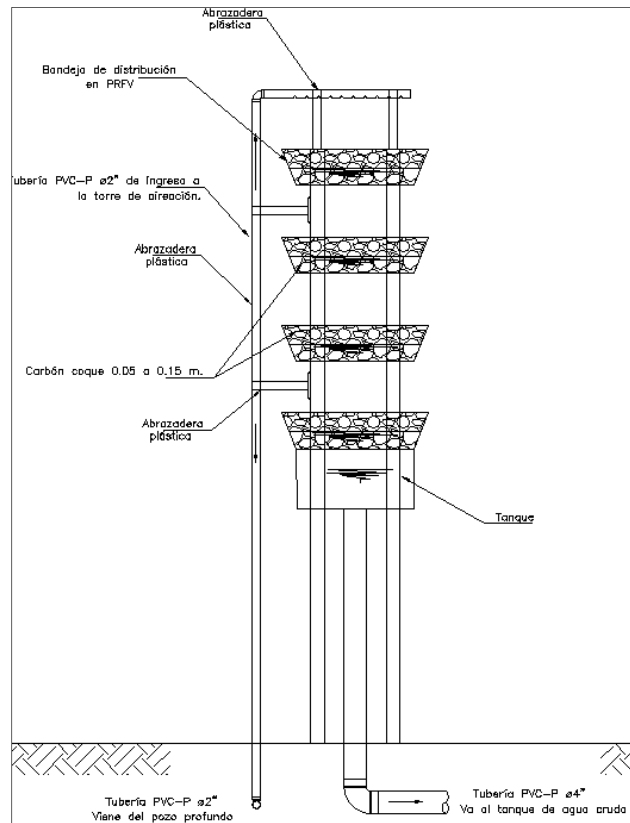
Fuente: WSP, 2018.

Tabla 15Cálculo tiempo de contacto.

Parámetro		Valor
Distancia entre bandejas (m)	Db=	0.35
Profundidad de bandejas (m)	Pb=	0.25
Tiempo de contacto (s)	T=	1.07
Altura Total (m)	H=	2.40

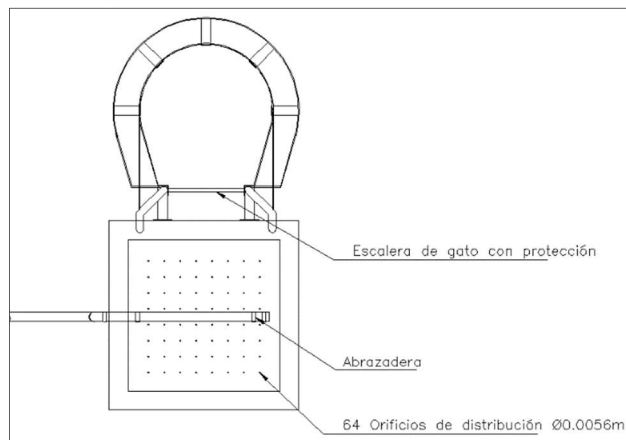
Fuente: WSP, 2018.

Figura 11 Bandejas de aireación



Fuente: WSP, 2018.

Figura 12 Bandejas de aireación (Planta)



Fuente: WSP, 2018.

Para el lecho de coque, el espesor debe ser de 0.25 m y el tamaño de partícula de coque de 0.05 m a 0.15 m, el contenido de cenizas debe ser de máximo un 12% y el contenido de azufre debe

ser menor al 1%, este debe ser cambiado anualmente o antes si la adsorción de contaminantes se ve disminuida notoriamente. Dichas características deben ser responsabilidad del contratista

3.2.4.1.2.TANQUE DE SUAVIZADO.

La suavización o ablandamiento es la eliminación de calcio y magnesio del agua. Este sistema hace pasar el agua dura a través de una cama de resinas de intercambio iónico y como resultado a la salida se obtiene agua suavizada. Este tanque servirá para la remoción de dureza cálcica y magnésica y evitar el incrustamiento de estas en las membranas del proceso de osmosis inversa lo cual disminuye su tiempo de vida útil, se instalará una unidad de intercambio catiónico, la cual empleará resinas catiónicas, que se regeneran con sal.

Esta unidad debe tener una capacidad de tratamiento de 2 l/s, además debe incluir un tanque de 5000 litros en polietileno de alta densidad para la preparación de la salmuera y un sistema de recirculación del agua de rechazo de la planta, es importante evaluar el uso de la salmuera de rechazo para esta regeneración, lo cual puede ser factible para los procesos de retro-lavado, enjuague y regeneración de las membranas, siempre y cuando la característica del agua de rechazo cumpla con las especificaciones para el lavado, lo cual se podrá determinar cuando entre en operación el sistema.

3.2.4.2. PLANTA DE TRATAMIENTO.

Se proyecta una planta de tratamiento compacta para el sistema la cual tendrá una capacidad de producir 1 l/s de agua potable, esta deberá contar con sistemas de filtración multimedia, micro-filtración, sistema de osmosis inversa y desinfección. A continuación, se muestran los cálculos de operación de la planta para garantizar la dotación de 20 l/hab-día, asumiendo un porcentaje de rechazo del 40 %. Este rechazo variará según la calidad de agua cruda, y el tipo de membrana a utilizar.

Tabla 16 Cálculo de operación de la planta de agua potable acueducto WIMPESHI.

Parámetro		Valor
Caudal de entrada	L/s	1.53
	L/h	5500
Volumen entrada	L/día	55000
% de rechazo	%	40
Tiempo de operación diarias	h/día	10
Volumen de salida	L/día	33000
Caudal de salida	L/h	3300
Caudal de rechazo	L/h	2200
	m ³ /día	22

Fuente: WSP, 2018.

La planta requiere 10 horas de operación diarias para garantizar el volumen de agua necesario para abastecer a las comunidades del proyecto.

A continuación, se describen las unidades y las especificaciones mínimas que deben cumplir para la adecuada operación del sistema:

3.2.4.2.1.FILTRO MULTIMEDIA

Este tipo de filtración es el primer paso del sistema de tratamiento de agua, este permite eliminar sólidos suspendidos y sedimentables, además de corregir algún problema en el agua, como son sustancias orgánicas, cloro, olores, bajos pH, entre otros. Los filtros multimedia contienen varios tipos de capas filtrantes como la antracita y arena en dos granulometrías sobre una cama de grava o arena gruesa. Comúnmente el rango de filtración dependerá del tipo de material filtrante por lo que se pueden filtrar partículas entre 10 μm y 1000 μm .

Para el proyecto se debe garantizar un filtro multimedia con capacidad de 2 l/s, donde asegure material filtrante de arena y antracita, con un rango de partículas máxima de 500 μm , el tanque debe estar fabricado en PRFV y debe contar con un sistema de retro lavado automático.

3.2.4.2.2.MICRO-FILTRACIÓN

Las membranas de micro-filtración tienen un tamaño de poro de 0,1-10 μm , suficiente para retener toda clase de bacterias, turbidez, macromoléculas, coloides, virus, etc. Se utiliza en la reducción de microorganismos del agua y como pretratamiento del agua para la ósmosis inversa. La filtración ocurre por superficie o en profundidad. Muchas veces se prefiere una filtración tangencial, flujo de agua tratada tangencial al flujo del agua afluente, por razones de auto-limpieza de la superficie de la membrana. En el caso del tratamiento del agua los módulos son de tipo tubular o fibra vacía.

La unidad seleccionada debe garantizar cartuchos para una micro-filtración fina de 5 μm , con una capacidad de 2 l/s, el tanque debe estar fabricado en PRFV.

3.2.4.2.3.ÓSMOSIS INVERSA

La ósmosis es un proceso que ocurre cuando dos soluciones con diferentes concentraciones, separadas por una membrana, que permite el paso de agua, pero no de sales, produce un flujo natural de agua de la parte menos concentrada a la parte más concentrada hasta igualar las concentraciones finales. El proceso se puede invertir aplicando una presión externa mayor a la presión osmótica haciendo circular el agua de la solución más concentrada a la menos concentrada, es decir, a la inversa del ósmosis natural.

La ósmosis inversa aplicada para la desalinización de agua con destino a consumo humano, es un proceso de separación de una cantidad de agua dulce del agua salada, a través de una membrana. La presión necesaria para que ocurra la ósmosis inversa depende de la calidad de sólidos disueltos y el grado de desalinización que se quiera obtener y requiere de un importante consumo de energía.

Existen diferentes tipos de módulos de membranas usadas en la ósmosis inversa (OI), según el tipo de empaque, en forma espiral, fibra vacía, tubular o platos consecutivos. Por razones de

costo, los más usados son los módulos espirales y fibra vacía. El tamaño del poro es menor a 10 Å (1 nm ó nanómetro).

El sistema de osmosis inversa al ser la unidad que garantiza la desalinización del agua, para el acueducto WIMPESHI, debe ser evaluada según las caracterizaciones de agua realizadas lo cual permitirá escoger la tecnología requerida para su tratamiento, debido a que puede cambiar significativamente si el agua es salobre o salada, sin embargo bajo los supuestos mencionados con anterioridad el sistema debe cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: debe tener una capacidad de tratamiento que permita un caudal de salida de agua de 1 l/s, con un caudal de rechazo no mayor al 40 %, y un rechazo de sales mayor al 97%, debe contar con sus respectivas bombas y equipos de presión y controles que garanticen su operación óptima.

3.2.4.2.4.DESINFECCIÓN

Aunque los procesos anteriormente descritos como son la filtración y la osmosis inversa logran una fracción de remoción de bacteria y virus presentes en las fuentes naturales de agua, se requiere eliminar por completo la presencia de estos microorganismos patógenos, el cual se garantiza con un proceso final desinfección. En este momento, al agua cuenta con las condiciones de potabilización y puede ser entregado para consumo humano. Un desinfectante efectivo debe tener la capacidad de destruir los organismos patógenos en un tiempo adecuado, no debe convertir el agua tratada en tóxica o con olor o sabor desagradable, debe ser fácilmente adquirible en el mercado y debe tener un efecto residual que garantice la desinfección y desinhibición del crecimiento bacteriano a lo largo del almacenamiento y la distribución hasta la entrega fina a la población.

Aunque el agua se puede desinfectar mediante procesos físicos como lámparas UV, para el proyecto la mejor opción es la desinfección química por medio de cloro, la cual deja un efecto residual en el agua que se puede medir fácilmente en cualquier punto del sistema de acueducto y mantiene la calidad del agua hasta la entrega a las comunidades, además, reúne las mayores ventajas en los procesos de desinfección como son eficiencia, fácil preparación y dosificación. El sistema de desinfección deberá garantizar una capacidad de 1 l/s, y un cloro residual en el sistema de distribución entre 0.3 y 2.0 mg/l, para esto se debe analizar un tiempo de contacto y una dosis que se deberá evaluar cuando se efectúe la caracterización del agua y se realicen análisis de trazabilidad con curvas de demanda de cloro, siguiendo los lineamientos estipulados en el RAS 2017. Esta dosis se debe ajustar durante la operación, asegurando que el cloro aplicado, garantice la concentración residual estipulada por la norma, en el punto o tanque más alejado del sistema.

El proveedor de la planta debe garantizar que todo el sistema opere en conjunto, y que cumpla con los requerimientos técnicos exigidos por el proyecto.

3.2.4.2.5.MANEJO DE SALMUERA DE RECHAZO.

La salmuera de rechazo generada en el proceso de osmosis inversa en la planta de tratamiento es considerada como un residuo a gestionar, el rechazo contiene, no solo las sales del agua bruta,

ya sean naturales o también todo aquel compuesto que se utilice como aditivo en el proceso de ósmosis.

Para efectos de la pila pública se proyecta una línea de salida la cual descargará en una fuente de agua cercana o en un canal natural, por lo tanto, se debe tramitar un permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental competente. Sin embargo, cuando entre en operación el sistema y se conozcan las características y el volumen del agua de rechazo que genere la planta se podrán evaluar si es posible implementar alguna alternativa para su aprovechamiento o tratamiento.

A continuación, se describen algunas opciones que se podrían evaluar para su manejo.

Recirculación: Se debe evaluar la recirculación de la salmuera para regenerar la resina del tanque de suavizado, para el proyecto se deja una línea que permite recircular el efluente de la planta.

Aprovechamiento: Se pueden emplear procesos que permitan la separación de la sal para su aprovechamiento. Se pueden evaluar lagunas de evaporación.

Estas son lagunas artificiales con áreas superficiales muy grandes que permiten usos como la separación de minerales del agua. Este sistema es una opción viable si se cuenta con el área requerida para controlar el residuo generado. Esta tecnología se utiliza en zonas rurales donde no es posible hacer otro tipo de disposición, con suficiente área disponible y factores climáticos como luz solar, circulación del viento, humedad y potencial neto de evaporación favorables, condiciones que se deben cumplir para su implementación. Estas lagunas pueden ser circulares o rectangulares, con una profundidad máxima de 0.9 a 1.5 m y con un borde libre de entre 0.6 a 0.9 m.

Para poder aprovechar las sales generadas con este sistema de evaporación, se debe garantizar que la salmuera generada diariamente se evapore al mismo ritmo de su generación, permitiendo obtener sal seca para aprovechar, sin embargo, esto requeriría de áreas mucho más grandes que si solo se dispusiera el residuo sin aprovechamiento de sales.

Disposición o tratamiento: Las alternativas más utilizadas para disponer las salmueras se describen brevemente a continuación:

- **Tratamiento de las salmueras mediante un sistema de vertido cero (ZLD):** Esta opción es la alternativa de gestión viable en el mayor número de situaciones diferentes, se puede adaptar a cualquier escala de producción de salmueras y, sin duda, es la más respetuosa con el medio ambiente.

El objetivo de una planta de vertido cero para el tratamiento de un efluente de salmuera consiste en la conversión del residuo salino en una corriente de agua de elevada calidad, por un lado, y las sales en estado sólido cristalizadas por otro lado. El agua puede ser reutilizada en el propio proceso por su elevada calidad, o en cualquier otra aplicación, y las sales cristalizadas gestionadas para su posible revalorización. Por tanto, mediante un sistema de vertido cero se transforma el residuo líquido en dos corrientes diferentes, inocuas, revalorizables y de fácil gestión.

El tratamiento consiste, en someter la salmuera concentrada a un proceso de evaporación al vacío en el que se concentra aún más y se genera una corriente de agua que puede ser mezclada con la producida en la ósmosis inversa. Finalmente, mediante un proceso de cristalización se obtienen las sales en estado sólido, cristalizadas y secas. Esta tecnología es viable si se cuenta con los recursos necesarios para su implementación.

- **Inyección profunda (ISP):** La técnica de la inyección en sondeos profundos (ISP) consiste en inyectar el residuo líquido en el subsuelo a través de un pozo profundo. Se puede utilizar para gestionar las salmueras, siempre que se determine que no existe impacto ambiental en el subsuelo.

Esto sucede cuando se dan las siguientes cuatro condiciones, las cuales son necesarias y suficientes: Existe una formación permeable capaz de admitir el residuo. Existe una formación impermeable que mantiene el residuo confinado el tiempo suficiente hasta su inocuidad. Las condiciones de ambas operaciones no cambian con el desarrollo de la operación. La operación de ISP no hipoteca otros recursos más importantes. Así pues, esta técnica de gestión será viable cuando, por un lado, se cumplan las cuatro condiciones, y por el otro lado el caudal de salmuera sea suficientemente importante como para justificar económicamente la actuación.

- **Lagunas de evaporación:** La técnica de confinar las salmueras en una balsa es una opción que se ha utilizado en zonas áridas donde se dispone de suficiente superficie. En función del caudal de salmuera, se puede diseñar el área superficial y la profundidad mínima de la balsa. Uno de los puntos sensibles de la técnica es la contaminación ambiental de acuíferos cercanos por la posible fuga de lixiviados.

3.2.5.TANQUE DE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE

Para el almacenamiento del agua potable que proviene de la planta de tratamiento se proyecta un tanque elevado (3m) en concreto con tres compartimientos, el cual tendrá una capacidad total de 45.000 litros, volumen que asegura el suministro de agua potable en la pila pública hacia las comunidades, además de un almacenamiento extra para el consumo interno del sistema (lavamanos público, baño y mantenimiento de la planta). Debe contar con un medidor de caudal a la salida, elementos de ventilación, accesos, sistemas de medición (regleta volumétrica), reboses e interconexiones, así como tuberías y válvulas de control, siguiendo las recomendaciones del RAS 2017. Las paredes internas deben llevar un revestimiento epoxi que evite la contaminación del agua, de acuerdo a lo estipulado en la norma ANSI NSF 61. A continuación, se muestra el dimensionamiento de la estructura.

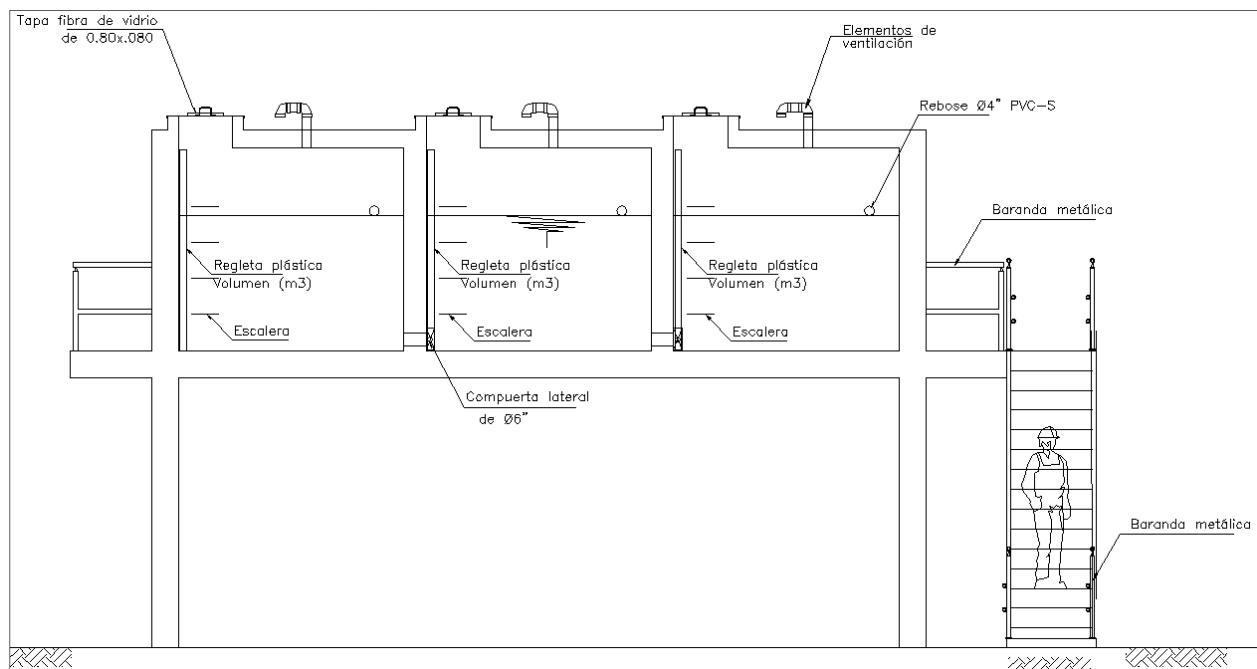
Tabla 17 Dimensionamiento tanque de agua potable acueducto WIMPESHI

Parámetro	Valor	
Volumen de diseño	VD =	45000 L
	VD =	45.0 m ³
Numero de tanques	Nt=	3.00
Área superficial cada tanque (m ²):	A=	10.00
Relación L/B	R=	1.60
Largo cada tanque (m)	L=	4.0
Ancho cada tanque (m):	B=	2.5
Altura útil (m):	H=	1.50
Borde Libre (m):	BL=	0.30
Altura total (m):	Ht =	1.80

Fuente: WSP, 2018.

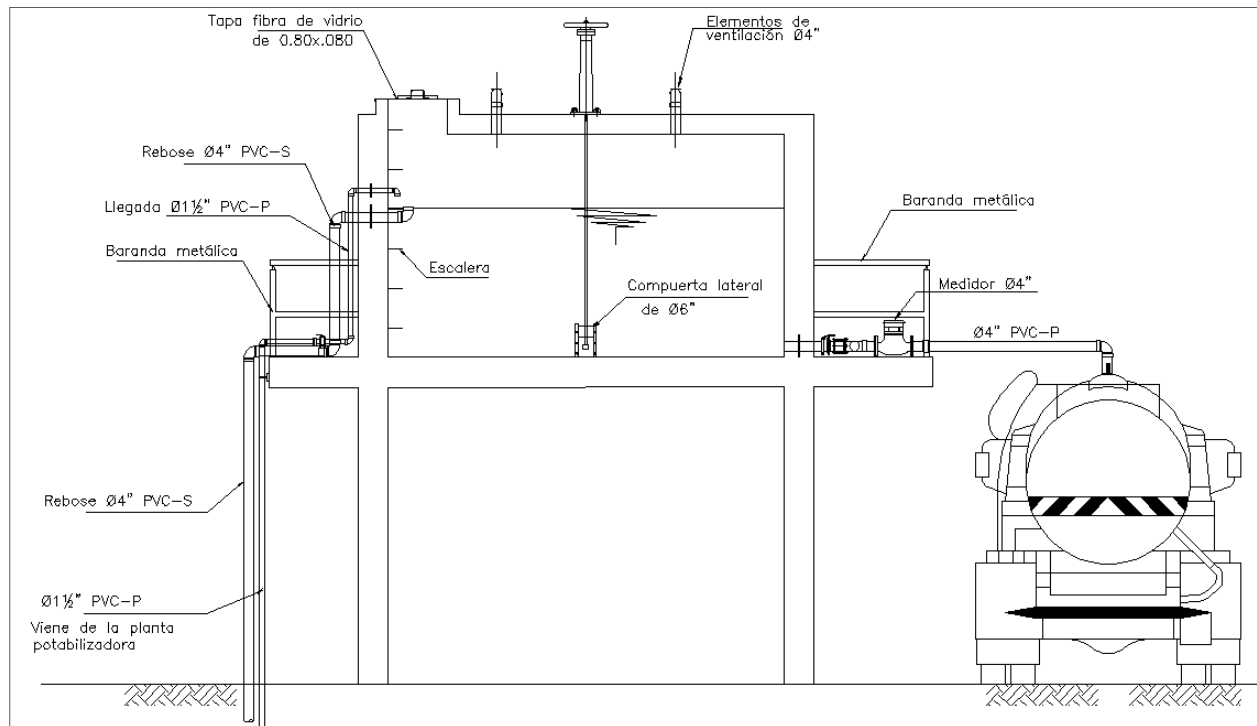
En la siguiente figura se observa el tanque de almacenamiento de agua potable con sus diferentes componentes.

Figura 13 Tanque de almacenamiento agua potable



Fuente: WSP, 2018.

Figura 14 Perfil tanque de almacenamiento agua potable



Fuente: WSP, 2018.

El tanque se proyecta elevado para que pueda abastecer a los carro-tanques por gravedad, además contiene un sistema de medición en línea que permite controlar y registrar el volumen de agua entregada para la distribución a la comunidad. Adicional a esto se deben instalar regletas de medición volumétricas dentro de los tanques para poder verificar los niveles y volúmenes de agua almacenada. Cada tanque cuenta con tuberías de salida y de entrada totalmente independientes con sus respectivas válvulas de control tipo mariposa, al igual se plantean compuertas de interconexión entre tanques y tuberías de rebose.

Para la conducción del agua hacia el punto de entrega de los carro-tanques, se proyecta una tubería con capacidad de transportar la descarga generada por los compartimientos del tanque, para esto se proyecta que cada módulo de 15000 litros se desocupe en un tiempo de 20 minutos, se calcula el diámetro necesario para asegurar velocidades optimas en el sistema de acuerdo a los parámetros recomendados por el RAS 2017 para conducciones a flujo libre, esta descarga será controlada con válvulas tipo mariposa, el sistema funcionará por medio de gravedad y utilizará tuberías en PVC, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 18 Dimensionamiento línea salida tanque de agua potable acueducto WIMPESHI

Parámetro	Valor	
Volumen (L)	V =	15000.0

Parámetro	Valor	
Volumen (m ³)	V =	15.0
Tiempo (min)	T =	20.0
Caudal (m ³ /s)	Q=	0.013 m ³ /s
Temperatura del agua (°C):	°C=	30.0
Peso específico del agua (Kg/m ³):	γ=	9764.0
Viscosidad Dinámica (N*s/m ²):	μ=	7.080E-04
Viscosidad Cinemática (m ² /s)	ν=	8.000E-07
Densidad (Kg/m ³):	ρ=	995.70
Gravedad (m/s ²):	g=	9.81
Material Tubería:	M=	PVC
Longitud tubería (m):	L=	6.50
Rugosidad tubería	e=	0.0015
Carga orificio (m):	Ho=	0.40
Área del orificio (m ²)	Ao=	0.0081
Diámetro (m):	Do=	0.102
Diámetro (pulg):		4.00

Fuente: WSP, 2018.

Se estimará el nivel de entrega de agua con respecto a las pérdidas de energía entre la salida de los tanques y la entrega al carro-tanque. Las pérdidas serán calculadas con la ecuación de Darcy.

Tabla 19 Pérdidas de energía línea salida tanque de agua potable

Parámetro	Valor	
Relación rugosidad Diámetro	e/D=	0.000015
Velocidad en la tubería (m/s):	V=	1.54
Número de Reynolds	NRe=	195810.71
Factor de fricción	f=	0.01582
Pérdidas por fricción (m):	Hf=	0.12
Σ de K	K=	5.40
Pérdidas localizadas (m):	HfL=	0.65

Parámetro	Valor	
Pérdidas totales (m)	H _{Ft} =	0.78

Fuente: WSP, 2018.

Según los resultados, el diámetro requerido para la conducción es de 0,102 m, por ende, la tubería de entrega será de 4" en PVC, garantizando velocidades mayores a 0,6 m/s, y una pérdida acorde con el diseño de la estructura de entrega.

Para el diseño de la línea de rebose del tanque hacia el canal de desagüe interno de la pila pública, se determina el diámetro necesario para asegurar velocidades óptimas en el sistema, que garantice que las pérdidas por fricción no sean muy elevadas y que no se genere acumulación de sedimentos. El caudal de diseño del rebose será de 1 l/s, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 20 Cálculo líneas de rebose del tanque de agua potable acueducto WIMPESHI

Parámetro	Valor	
Caudal (L/s)	Q=	1.00 l/s
Caudal (m ³ /s)	Q=	0.001 m ³ /s
Material Tubería:	M=	PVC
Carga orificio (m):	H _o =	0.002
Área del orificio (m ²)	A _o =	0.0081
Diámetro (m):	D _o =	0.102
Diámetro (pulg):		4.00

Fuente: WSP, 2018.

Según los resultados, el diámetro requerido para la conducción es de 0,102 m, por ende, las tuberías de rebose serán de 4" en PVC, garantizando velocidades mayores a 0,6 m/s, condición que permite su auto-limpieza.

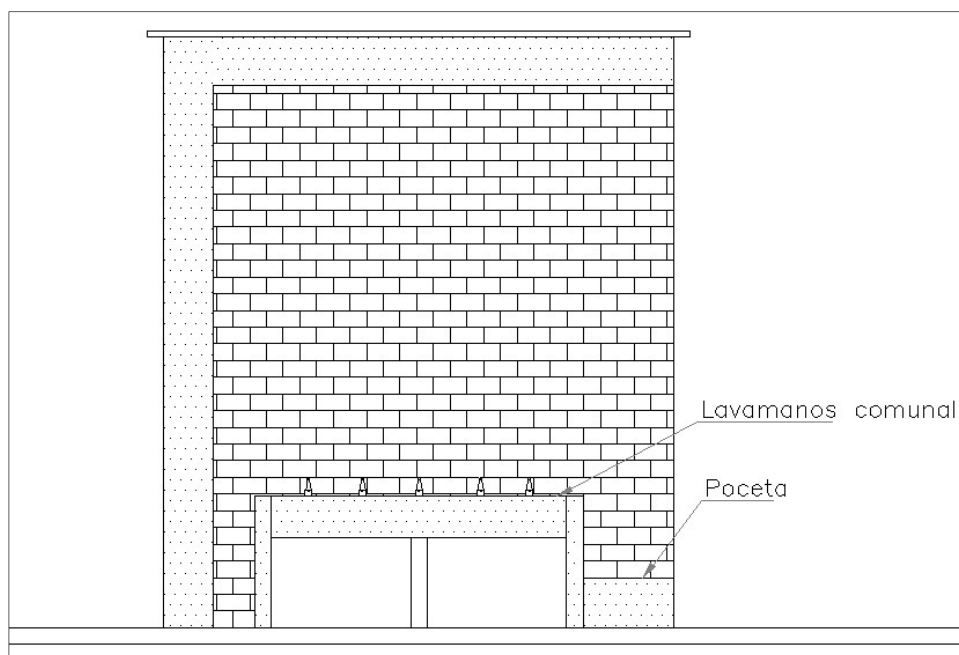
Las tuberías de entrada al tanque dependerán del diámetro de salida de la planta de tratamiento, lo cual se debe definir al momento de realizar el diseño detallado del sistema.

3.2.6. LÍNEA DE SUMINISTRO A LAVAMANOS PÚBLICO Y BAÑO

La pila pública contará con un lavamanos el cual suministrará agua por medio de 6 grifos y un baño, esta agua es transportada por medio de una línea de suministro que sale desde el tanque de almacenamiento de agua potable y termina en el lavamanos y baño ubicados en el edificio administrativo, esta línea cuenta con una válvula de control a la salida del tanque, 6 grifos independientes en el lavamanos y un punto de entrada al baño.

En la siguiente figura se observa el lavamanos público con sus diferentes componentes.

Figura 15 Lavamanos publico



Fuente: WSP, 2018.

Para la línea de distribución del agua potable hacia el lavamanos y baño se proyecta una tubería con capacidad de transportar la descarga generada por el tanque de almacenamiento elevado, esta descarga será controlada con una válvula a la salida del tanque, el sistema funcionará por medio de gravedad y utilizará tuberías en PVC. El caudal de diseño de la línea de conducción será de 0.1 l/s, asegurando un caudal instantáneo mayor a 0.5 l/s el cual es el caudal mínimo recomendado para un lavamanos con agua fría, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 21 Dimensionamiento línea suministro lavamanos público y baño acueducto WIMPESHI

PARÁMETRO		VALOR
Caudal (L/s)	QD =	0.10
Caudal (m3/s)		0.0001 m3/s
Temperatura del agua (°C):	°C=	30.0
Peso específico del agua (Kg/m3):	γ=	9764.0
Viscosidad Dinámica (N*s/m2):	μ=	7.080E-04
Viscosidad Cinemática (m2/s)	ν=	8.000E-07
Densidad (Kg/m3):	ρ=	995.70

PARÁMETRO	VALOR	
Gravedad (m/s ²):	g=	9.81
Material Tubería:	M=	PVC
Longitud tubería (m):	L=	37.00
Rugosidad tubería	e=	0.0015
Carga orificio (m):	Ho=	0.50

Fuente: WSP, 2018.

Para el diseño de la línea de suministro entre el tanque de agua potable al lavamanos público y el baño, se determina el diámetro necesario para asegurar velocidades optimas en el sistema, que garantice que las pérdidas por fricción no sean muy elevadas y que no se genere acumulación de sedimentos, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 22Cálculo línea suministro lavamanos público y baño

Tramo	Diámetro	e/D	A	V	Re	f	factor de pérdida fricción
Tanque - Lavamanos y baño	m		m ²	m/s			
	0.2032	7.38189E-06	0.032429279	0.003	783.2428302	0.081	14.878
	0.0000	3.222229669	1.702E-13	587544	3.41889E+08	69.339	551124
	1.1862	1.26453E-06	1.105125349	0.000	1.34171E+02	0.477	14.878
	0.0095	0.000158234	7.05783E-05	1.417	1.67892E+04	0.027	106.725
	0.0142	0.000105368	0.000159	0.628	1.11798E+04	0.030	78.391
	0.0133	0.000113143	0.000138	0.724	1.20049E+04	0.029	82.691
	0.0134	0.000111771	0.000141	0.707	1.18593E+04	0.029	81.937
	0.0134	0.000112006	0.000140	0.710	1.18842E+04	0.029	82.066
	0.0134	0.000111966	0.000140	0.709	1.18799E+04	0.029	82.044

Tramo	factor de pérdida local	ΣK Sumatoria factor de pérdida	Diámetro	Hf	Hfl	Σ perdidas	Caudal máximo transportado
			m	m	m	m	lps

Tramo	factor de pérdida local	ΣK Sumatoria factor de pérdida	Diámetro	Hf	Hfl	Σ pérdidas	Caudal máximo transportado
Tanque – Lavamanos y baño	7.6000	22.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
	7.6000	22.5	0.0095	0.00	0.00	0.00	0.00
	7.6000	114.3	0.0142	10.93	0.78	11.71	0.23
	7.6000	86.0	0.0133	1.58	0.15	1.73	0.09
	7.6000	90.3	0.0134	2.21	0.20	2.42	0.10
	7.6000	89.5	0.0134	2.09	0.19	2.28	0.10
	7.6000	89.7	0.0134	2.11	0.20	2.31	0.10
	7.6000	89.6	0.0134	2.11	0.20	2.30	0.10

Fuente: WSP, 2018.

Según los resultados, el diámetro requerido para la conducción es de 0,134 m, por ende, la tubería de distribución será de 1/2" en PVC, garantizando velocidades mayores a 0,6 m/s, condición que permite su auto-limpieza.

Se estimará el nivel de llegada de la línea de suministro con respecto a las pérdidas de energía entre la salida del tanque de almacenamiento y el lavamanos público o baño. Las pérdidas serán calculadas con la ecuación de Darcy.

Tabla 23 Pérdidas de energía línea suministro lavamanos público y baño

PARÁMETRO	VALOR	
Relación rugosidad Diámetro	e/D=	0.000118
Velocidad en a la tubería (m/s):	V=	0.79
Número de Reynolds	NRe=	12531.89
Factor de fricción	f=	0.02932
Pérdidas por fricción (m):	Hf=	2.71
Σ de K	K=	7.60
Pérdidas localizadas (m):	HfL=	0.24
Pérdidas totales (m)	HfT=	2.95

Fuente: WSP, 2018.

3.2.7.SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN AGUAS RESIDUALES

Para el tratamiento y la disposición de las aguas residuales provenientes del baño y del lavamanos en la pila pública, se establece un sistema compuesto por un tanque séptico integrado y una zanja de infiltración. A continuación, se describe el sistema y los requerimientos técnicos que deben cumplir para su adecuada operación, siguiendo las recomendaciones del RAS 2017.

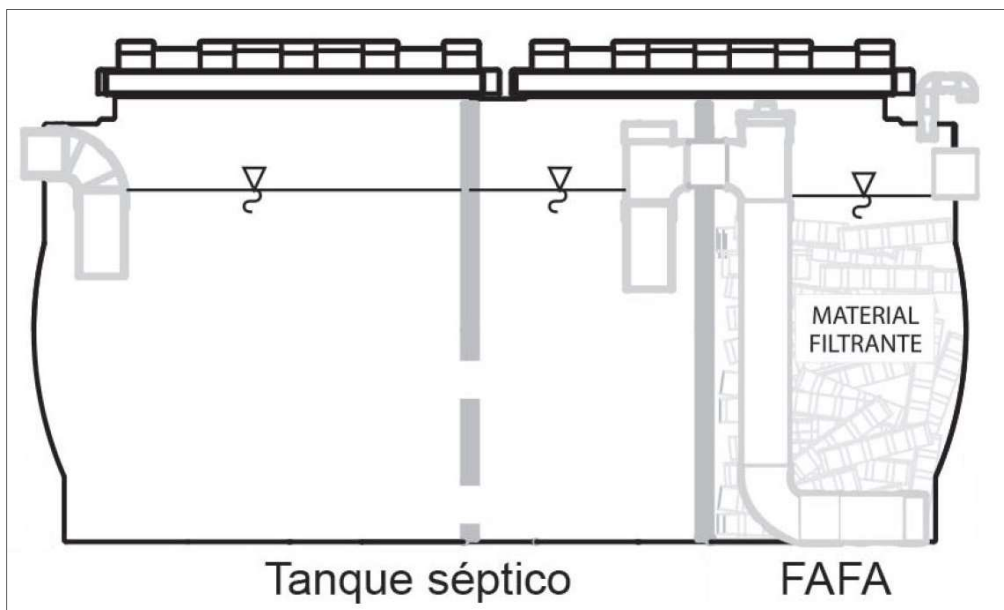
3.2.7.1. SISTEMA SÉPTICO

El tanque séptico es el componente principal del sistema para el tratamiento de las aguas residuales de la pila pública. Estas aguas provienen exclusivamente de un inodoro con descarga hidráulica y las aguas grises generadas en los lavamanos públicos.

El tratamiento que se desarrolla dentro de un tanque séptico es biológico. Allí las aguas residuales son sometidas a descomposición por procesos naturales y microbiológicos en un ambiente ausente de aire. Los microorganismos que están presentes en este proceso de descomposición pertenecen al grupo de bacterias anaeróbicas porque se desarrollan en ausencia de oxígeno al ser el tanque un recipiente hermético. Durante la descomposición se producen lodos que se sedimentan en el fondo del tanque, y gas que ascenderá constantemente en forma de burbujas a la superficie. En el tanque se forman tres capas bien definidas, una capa de lodos, una capa flotante de natas y una capa intermedia líquida que es la que sale del tanque a medida que entran las aguas residuales.

Posterior al tanque séptico normalmente se instala un FAFA (filtro anaerobio de flujo ascendente), así el agua que sale del tanque entra al filtro por el fondo y sube a través de un lecho filtrante, el cual se cubre con un manto biológico de bacterias que procesan la materia orgánica dejando el agua en condiciones de poderse infiltrar en el terreno. En la siguiente figura se muestra un sistema séptico tipo.

Figura 16 Sistema séptico integrado tipo



Fuente: Rotoplast, 2018.

La unidad seleccionada debe garantizar un tanque séptico prefabricado integrado con un FAFA con capacidad de mínimo 2000 litros. Deben estar fabricados a partir de materiales con características físicas y propiedades de resistencia a la corrosión que los hagan apropiados para su utilización con aguas residuales. El fabricante deberá hacer una declaración de la eficiencia de depuración y de la durabilidad para un periodo de vida útil de por lo menos 20 años, independientemente del material de construcción. Los tanques deben cumplir con sus respectivos certificados de conformidad con la Norma Técnica Colombiana, según lo estipulado en el Decreto 2269 de 1993, y los requerimientos de la resolución 631 de 2015 y el decreto 1594 de 1984.

Además, los fabricantes deben suministrar con cada tanque, las instrucciones de instalación escritas en español. Estas instrucciones deben contener los datos completos para la instalación de los tanques sépticos y todas las condiciones de funcionamiento, incluyendo las conexiones de tuberías y los procedimientos de puesta en marcha. Así mismo deberán proporcionar las instrucciones completas de operación y mantenimiento.

3.2.7.2. ZANJA O CAMPO DE INFILTRACIÓN

Para tratar y disponer el agua que sale del sistema séptico se dispondrá de un campo de infiltración. El cual consiste en una serie de zanjas angostas, relativamente superficiales rellenas con un medio poroso (normalmente grava), con tuberías enterradas que tienen perforaciones en la parte inferior y que reparten en el suelo, de forma homogénea el agua residual parcialmente tratada y clarificada, para permitir su tratamiento y disposición en el terreno, empleando los principios de la geodepuración.

Según la información suministrada por ENEL, respecto a los resultados del estudio de suelos e infiltración realizados para el campo eólico Wimpeshi, el suelo en el sector es apto para funcionar como sistema de depuración. Sin embargo, esta información se deberá evaluar a en el sitio donde se construirá la pila pública.

El campo de infiltración se localizará aguas abajo del tanque séptico tal como se muestra en los planos de diseño, sin embargo, al momento de su construcción se deben respetar las distancias mínimas de cualquier punto de la zanja a árboles, viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de agua superficiales los cuales serán de 3, 5, 15, 30 y 15 respectivamente. Para dimensionar el sistema se acoge lo estipulado en el RAS 2017, lo cual se establece a continuación.

Tabla 24 Dimensiones campo de infiltración RAS 2017

Parámetro	Valor
Diámetro de las tuberías	100 - 150 mm
Pendiente	0.3 - 0.5 %
Largo máximo	30 m
Ancho del fondo	0.45 a 0.75 m

Fuente: RAS, 2017.

Para el diseño del campo de infiltración se asume una tasa de infiltración de 25 L/(m²*dia), con una caudal de diseño de 25 l/hab-día para 8 personas, estos datos son escogidos debido a las características del proyecto y a las recomendaciones del RAS 2017. Es importante realizar una prueba de infiltración en el sitio antes de construir el campo para verificar que la tasa de infiltración este acorde al diseño realizado. Se dimensiona la zanja obteniendo los siguientes resultados:

Se calcula el área de infiltración necesaria respecto a la tasa de infiltración y el caudal de agua residual.

$$A = \frac{Q}{T} = \frac{25 * 8}{25} = 8 \text{ m}^2$$

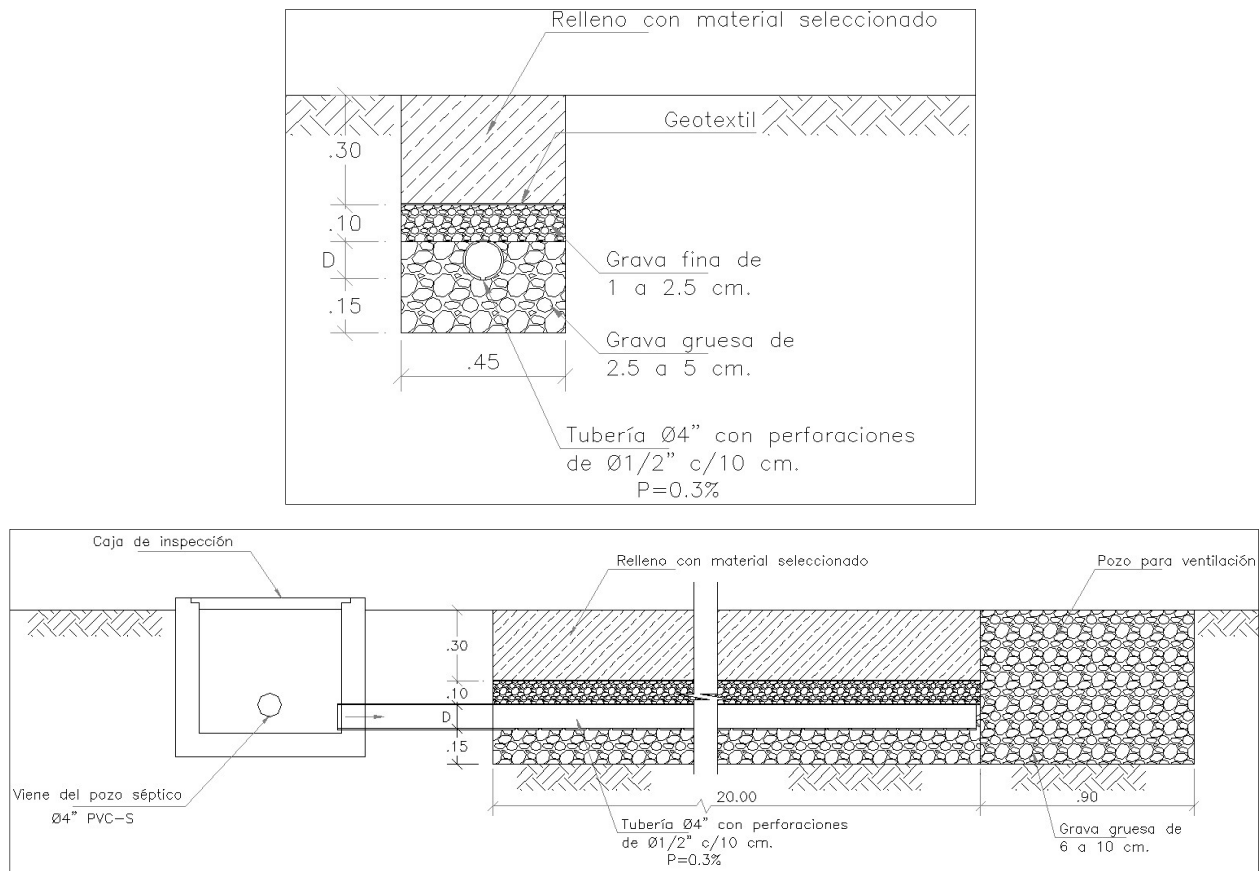
A= Superficie de infiltración (m²)

Q = Caudal de agua residual (L/d)

T = Tasa de infiltración (L/m²-d)

El área requerida es de 8 m², sin embargo, se deja un factor de seguridad de 1 m² y se asume un ancho del fondo de 0.45 m, arrojando una zanja de 20 m de largo. Se selecciona una tubería de 4" con perforaciones de ½" cada 10 cm y una pendiente de 0.3 %, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 17 Zanja de infiltración



Fuente: WSP, 2018.

El campo de infiltración se diseña con una sola zanja, en donde se acomodará una capa de grava limpia de 0.15 m de espesor constituida por material con granulometría de entre 2.5 a 5 cm. Sobre ella se acomodará la tubería de distribución y se la cubrirá totalmente con la misma grava. Encima de la grava gruesa se colocará una capa de grava fina de 0.10 m de espesor y granulometría de 1 a 2.5 cm. Sobre la capa de grava fina, y para evitar la alteración de la capacidad filtrante de la grava, se colocará un geotextil que facilite la evapotranspiración del agua residual. Finalmente se rellena la zanja con material seleccionado hasta alcanzar el nivel natural del terreno. Para garantizar un sistema aerobio la zanja termina en un pozo de aireación o ventilación de 0.9 x 0.9 m relleno con grava gruesa uniforme de 6 a 10 cm.

3.2.7.3. LÍNEA SISTEMA DE DESAGÜE

Para el cálculo del desagüe del sistema residual de la pila pública se utilizara un caudal de 4.7 l/s el cual corresponde a el caudal instantáneo generado por un inodoro y seis llaves de lavamanos accionadas al mismo tiempo, este se conectará a una caja de inspección que recibe el agua proveniente de los lavamanos y del baño, la cual conduce hacia un tanque séptico donde se realizará el tratamiento anaerobio, que posteriormente entrega a una caja de inspección que

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos para el desagüe.

Unidad		Q	L	θ		material	S	QII	VII	Q/QII	θ normal	Área normal	Rh	ζ
DE	A	L/s	m	m	m m	n (PVC -S)	%				Rad	m2	m	kg/m2
DESAG UE	CAJA 1	4.7	1.89	0.102	102	0.011	1.5	7.80	0.9 6	0.60	3.38	0.0047	0.027 2	0.41
CAJA 1	TK SÉPTI CO	4.7	2.51	0.102	102	0.011	0.65	5.13	0.6 3	0.92	4.19	0.0065	0.030 7	0.20
TK SÉPTIC O	CAJA 2	4.7	7.04	0.102	102	0.011	0.60	4.93	0.6 1	0.95	4.33	0.0068	0.030 8	0.19
CAJA 2	ZANJ A INFILT RACIÓ N	4.7	0.5	0.102	102	0.011	1.00	6.37	0.7 9	0.74	3.70	0.0055	0.0291	0.29

Fuente: WSP, 2018.

Diagrama de detalle de la planta del sistema séptico integral. El sistema comienza con la 'Vana de Ingresos y Retorno' que alimenta a la 'CAJA DE INSPECCIÓN' (8" PVC-5). Desde allí, el flujo continúa a través de un tanque de flotación (3.0 m), un tanque de sedimentación (3.0 m) y una zona de filtración (20.00 m) antes de llegar al 'POZO DE ABSORCIÓN' (30.00 m). Se muestran detalles de las conexiones y las dimensiones de cada componente.

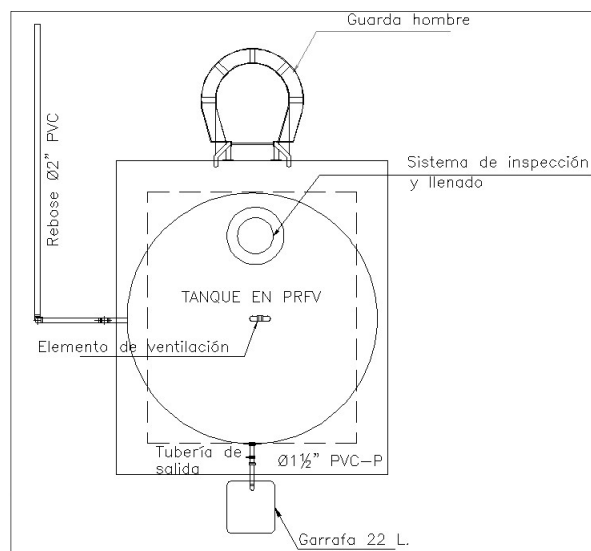
Fuente: WSP, 2018.

50

medición (regleta volumétrica), elementos de ventilación, así como tuberías y válvulas de control que permitan suministrar el agua a la población, siguiendo las recomendaciones del RAS 2017 y la norma ANSI NSF 61.

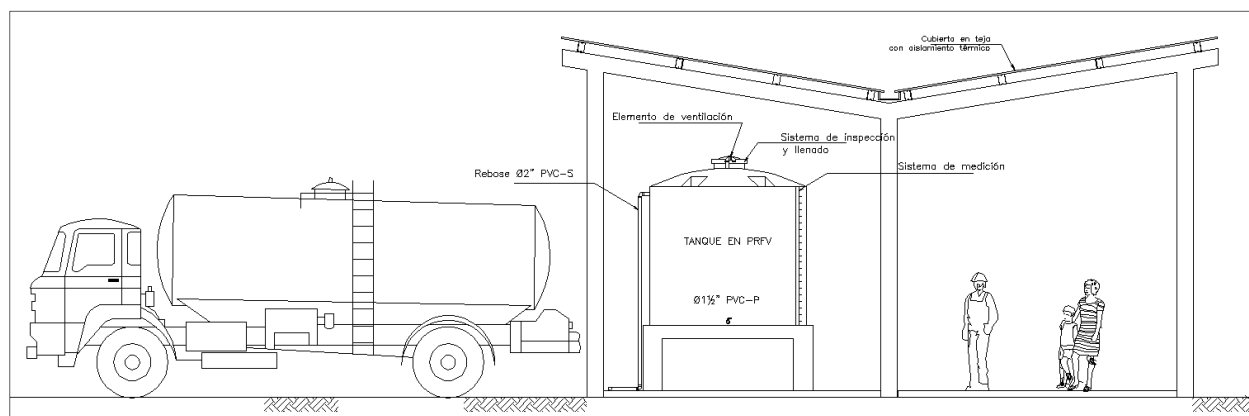
En la siguiente figura se observa el tanque de almacenamiento comunitario con sus diferentes componentes.

Figura 19 Tanque de almacenamiento comunitario



Fuente: WSP, 2018.

Figura 20 Enramada comunitaria



Fuente: WSP, 2018.

Los tanques deben ser fabricados con poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV) de alta resistencia al impacto, aptos para el almacenamiento de agua, las paredes internas deben llevar un revestimiento epoxi que evite la contaminación del agua, de acuerdo a lo estipulado en la norma ANSI NSF 61. Deben ser resistentes a la intemperie y a temperaturas de 40 °C, además de garantizar protección a los rayos ultravioleta, disolventes y agentes químicos. Estos deben ser de

color blanco y deben estar compuestos por materiales que no se biodegraden ni puedan ser atacados por hongos, algas o bacterias, además deben tener componentes que eviten la decoloración con el paso del tiempo. Estas unidades deben contar con elementos de ventilación, escotillas o tapas de acceso, sin embargo, se debe asegurar su hermeticidad aislando su interior del medio ambiente, evitando así la contaminación del agua por bacterias o animales. El proveedor debe suministrar acoples acordes a los diámetros de salida y rebose estipulados en el diseño, y debe asegurar que no existan fugas en sus interconexiones.

El tanque se proyecta elevado para que pueda abastecer a la población por gravedad, permitiendo llenar las garrafas fácilmente. Adicional a esto se deben contar con regletas de medición volumétricas en el tanque para poder verificar los niveles y volúmenes de agua almacenada. El tanque contará con una tubería de salida con su respectiva válvula de control tipo mariposa, además de una tubería de control de rebose.

Para la conducción del agua hacia el punto de entrega y el llenado de las garrafas, se proyecta una tubería con capacidad de transportar la descarga generada por el tanque, y realizar el llenado de una garrafa de 22 litros en máximo 16 segundos, se calcula el diámetro necesario para asegurar velocidades optimas en el sistema de acuerdo a los parámetros recomendados por el RAS 2017 para conducciones a flujo libre, esta descarga será controlada con una válvula tipo mariposa, el sistema funcionará por medio de gravedad y utilizará tubería en PVC, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 26 Dimensionamiento línea salida tanques comunitarios del acueducto WIMPESHI

Parámetro		Valor	
Volumen (L)	V =	10000.0	5000.0
Volumen (m ³)	V =	10.0	5.0
Tiempo (min)	T =	120.0	60.0
Caudal (m ³ /s)	Q=	0.0014 m ³ /s	0.0014 m ³ /s
Volumen entrega (L)	Ve=	22.0	22.0
Tiempo de llenado (s)	Te=	15.8	15.8
Temperatura del agua (°C):	°C=	30.0	30.0
Peso específico del agua (Kg/m ³):	Y=	9764.0	9764.0
Viscosidad Dinámica (N*s/m ²):	μ=	7.080E-04	7.080E-04
Viscosidad Cinemática (m ² /s)	ν=	8.000E-07	8.000E-07
Densidad (Kg/m ³):	ρ=	995.70	995.70
Gravedad (m/s ²):	g=	9.81	9.81
Material Tubería:	M=	PVC	PVC

Parámetro		Valor	
Longitud tubería (m):	L=	2.00	2.00
Rugosidad tubería	e=	0.0015	0.0015
Carga orificio (m):	Ho=	0.25	0.25
Área del orificio (m2)	Ao=	0.0011	0.0011
Diámetro (m):	Do=	0.038	0.038
Diámetro (pulg):		1.50	1.50

Fuente: WSP, 2018.

Se estimará el nivel de entrega de agua con respecto a las pérdidas de energía entre la salida del tanque y la entrega a las garrafas. Las pérdidas serán calculadas con la ecuación de Darcy.

Tabla 27 Pérdidas de energía línea salida tanques comunitarios

Parámetro		Valor	
Relación rugosidad Diámetro	e/D=	0.000039	
Velocidad en la tubería (m/s):	V=	1.22	
Número de Reynolds	NRe=	58017.99	
Factor de fricción	f=	0.02037	
Pérdidas por fricción (m):	Hf=	0.08	
Σ de K	K=	1.80	
Pérdidas localizadas (m):	HfL=	0.14	
Pérdidas totales (m)	HFt=	0.22	

Fuente: WSP, 2018.

Según los resultados el diámetro requerido para la conducción es de 0,038 m, por ende, la tubería de entrega será de 1 1/2" en PVC, garantizando velocidades mayores a 0,6 m/s, y una pérdida acorde con el diseño de la estructura de entrega.

Para el diseño de la línea de rebose del tanque, se determina el diámetro necesario para asegurar velocidades optimas en el sistema, que garantice que las pérdidas por fricción no sean muy elevadas y que no se genere acumulación de sedimentos. El caudal de diseño del rebose será de 1 l/s, a continuación, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 28 Cálculo línea de rebose de los tanques comunitarios acueducto WIMPESHI

Parámetro		Valor	
Caudal (L/s)	Q=	1.00 l/s	

Parámetro		Valor
Caudal (m ³ /s)	Q=	0.001 m ³ /s
Material Tubería:	M=	PVC
Carga orificio (m):	Ho=	0.030
Área del orificio (m ²)	Ao=	0.0020
Diámetro (m):	Do=	0.051
Diámetro (pulg):		2.00

Fuente: WSP, 2018.

Según los resultados, el diámetro requerido para la conducción es de 0,051 m, por ende, las tuberías de rebose serán de 2" en PVC, garantizando velocidades mayores a 0,6 m/s, condición que permite su auto-limpieza.

4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA

4.1. ALCANCE

En este capítulo, se presentan los estudios estructurales realizados con el fin de suministrar la geometría de los elementos principales que conforman las estructuras hidráulicas y edificaciones que hacen parte del proyecto, así como las cantidades de obra estimadas para su construcción.

4.2. METODOLOGÍA

El análisis y diseño de las estructuras, se realiza de acuerdo con la información suministrada por los estudios previos de hidráulica, topografía, suelos y geotecnia, elaborados para el proyecto. Estos diseños se realizan de acuerdo con la normatividad vigente aplicable a cada tipo de estructuras.

4.3. NORMAS TÉCNICAS

Para el diseño de las estructuras que conformarán el sistema de abastecimiento de agua, se siguieron los lineamientos y requerimientos establecidos en la normatividad y leyes vigentes en legislación colombiana, así como las normas y códigos internacionales que aplican para estructuras hidráulicas y edificaciones.

4.3.1. NORMAS NACIONALES

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Ley 400 de 1997, Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, modificado por el Decreto 092 del 17 de enero de 2011 – NSR-10.
- Norma Técnica Colombiana. Concretos. Durabilidad de Estructuras de Concreto – NTC 5551.
- Recomendaciones para Requisitos Sísmicos de Estructuras Diferentes a Edificaciones – AIS 180-13.

Es importante aclarar que el uso del NSR-10 en el diseño o evaluación de estructuras hidráulicas como las que son objeto del presente estudio, está restringido por la sección A.1.2.4, en especial por el artículo A.1.2.4.1:

“A.1.2.4 – EXCEPCIONES – El presente Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes, NSR-10, es aplicable a edificaciones (construcciones cuyo uso primordial es la habitación u ocupación por seres humanos) y no se aplica a:

A.1.2.4.1 – El diseño y construcción de estructuras especiales tales como puentes, torres de transmisión, torres y equipos industriales, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas construcciones diferentes de edificaciones.”

Sin embargo, estas excepciones aplican con lo referente al Título A y Título B del Reglamento, dado que el Título C consigna requerimientos y especificaciones para estructuras como los tanques del proyecto. El Capítulo C.23 – Tanques y Estructuras de Ingeniería Ambiental de Concreto, en su Artículo C.23-C.1.1.1 define su alcance, incluyendo estructuras ambientales y de tanque.

“C.23-C.1.1.1 – El presente Capítulo cubre lo concerniente a tanques y compartimentos estancos tales como piscinas y albercas que hacen parte del equipamiento de edificaciones. Los requisitos dados en el presente Capítulo cubren estructuras construidas con concreto reforzado vaciado en sitio, concreto prefabricado y concreto pre-esforzado.

Los requisitos de este Capítulo son totalmente aplicables al diseño de estructuras propias de ingeniería ambiental y sanitaria, con la excepción primaria para evitar la fuga de materiales peligrosos.

(...)”

“C.23-C.1.1.2 – Las estructuras de concreto de ingeniería ambiental se definen como estructuras de almacenamiento, flujo, y tratamiento de líquidos y otros materiales afines tales como residuos sólidos. También aplica la denominación a estructuras secundarias para evitar la dispersión de materiales peligrosos, y a estructuras auxiliares, cuando en todas ellas se requiere impermeabilidad ante líquidos y gases, o propiedades especiales de durabilidad.”

El propósito de los siguientes requisitos es el de establecer los métodos de diseño y construcción que permitan cumplir con los objetivos de seguridad estructural y además permitan que el concreto producido para estructuras ambientales:

- a) cuente con un diseño tal que controle el agrietamiento y la fisuración para impedir el flujo de líquidos entre el interior del tanque y su exterior,
- b) sea lo suficientemente denso e impermeable para impedir la contaminación de los líquidos contenidos o que estos contaminen,
- c) provea la máxima resistencia a los elementos químicos contenidos en el líquido, y
- d) tengan superficies poco rugosas que minimicen la resistencia al flujo y permitan cumplir los objetivos de sanidad.

Debe tenerse especial cuidado en la construcción de este tipo de estructuras con el fin de evitar la corrosión del refuerzo y obtener un concreto lo más impermeable posible.

Es importante anotar que en los comentarios del Capítulo C.23 del NSR-10 se aclara que el Capítulo “está basado en el documento “Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (ACI 350-06)” del American Concrete Institute”.

4.3.2. NORMAS INTERNACIONALES

En el caso de no existir reglamentación específica dentro de las normas anteriores se hace uso de los siguientes documentos.

- Building Code Requirements for Structural Concrete – ACI 318-14.
- Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures – ACI 350M-06.
- Guide to Mass Concrete – ACI 207.1R-05.
- Control of Cracking in Concrete Structures – ACI-224R-01.
- Guía para la Durabilidad del Concreto – ACI 201.2R.
- Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón – ACI 224.1R.
- Seismic Provisions for Structural Steel Buildings – ANSI/AISC 341-10.

4.4. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

En los siguientes numerales se presentan las especificaciones de materiales para las estructuras del proyecto.

4.4.1. CONCRETOS

Donde se requiera el diseño de elementos estructurales en concreto, se diseñarán con base en los estándares establecidos en el Título C. Concreto Estructural del NSR-10. Para las estructuras hidráulicas, se emplearán específicamente los requisitos del Capítulo C-23 del NSR-10; como complemento a este Capítulo del Reglamento se considera el Código ACI 350M-06, y los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 5551 (Concretos. Durabilidad de Estructuras de Concreto). Estableciendo como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

- Concreto pobre: $f'c = 14.5$ MPa
- Concreto estructural: $f'c = 28$ MPa (Para tanques y Edificio PTAP)
- Concreto estructural: $f'c = 21$ MPa (Para edificaciones)

4.4.1.1. CATEGORÍA Y CLASE DE EXPOSICIÓN

Al tratarse de estructuras ambientales, el concreto con el que se construyen debe tener ciertas características de acuerdo con la clase de exposición a la que se encuentran expuestas. Se revisaron las categorías y clase de exposición de la norma NTC 5551, el NSR-10 y la ACI-360M-06. Se definen las características del concreto como las más conservadoras de los tres documentos revisados, esto con el fin de garantizar que se cumpla con todos los estándares.

Tabla 29 Clase y subclase de exposición de acuerdo con la NTC 5551

Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del ambiente de exposición
4		Corrosión inducida por cloruros diferentes a los que provienen del agua de mar.	Concreto reforzado o con metal embebido en contacto con agua con cloruros diferentes al agua de mar.
	4.2	Humedad	Concretos expuestos a cloruros provenientes de procesos industriales. Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el medio ambiente.

Fuente: Norma NTC 5551 – Concretos. Durabilidad de estructuras de concreto

En la Tabla 29 se puede observar la clase de exposición de acuerdo con la norma NTC-5551. Esta tabla se toma de la Tabla No. 1 de la Norma. Todas las estructuras hidráulicas del proyecto hacen parte de la clase 4, de la subclase 4.2. Como se puede ver en la Tabla 30, de acuerdo con el Reglamento NSR-10, las estructuras de la Planta se clasifican como F0, S0, P1, C1 y Q0.

En el Código ACI-350M-06, la clasificación de exposición del concreto se hace en las tablas 4.2.2 y 4.3.1. En esta primera tabla se cataloga el concreto de la estructura según las condiciones especiales de exposición. En el caso del proyecto, se usan los parámetros definidos para estructuras de: *Concrete intended to have low permeability when exposed to water, wastewater, and corrosive gasses.*

En la tabla 4.3.1 del Código ACI350M-06, la clasificación de exposición de concreto depende del contenido de sulfatos en la solución contenida por la estructura hidráulica. La clasificación de la ACI coincide con la clasificación de sulfatos del NSR-10 (S0 - Tabla 30), en este caso el contenido de sulfatos es despreciable.

Según la clase de exposición, el concreto en las estructuras debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Máxima Relación Agua/Cemento, en peso: $A/C=0.45$
- Contenido mínimo de Cemento: Ver Tabla C.23-C.4.1.1 (NSR-10)

Tabla 30 Clase y subclase de exposición de acuerdo con la NTC 5551

Categoría	Severidad	Clase	Condición
F Congelamiento y Deshielo	No Aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo
S Sulfato	No Aplicable	S0	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo, menos de 0.10 % en peso. Sulfato (SO ₄) disuelta en agua, menos de 150 ppm
P Requiere Baja Permeabilidad	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad.

Categoría	Severidad	Clase	Condición
C Protección del refuerzo a la Corrosión	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros.
Q Exposición a Químicos Corrosivos	No Aplicable	Q0	Concreto con no está expuesto a químicos Corrosivos.

Fuente: Reglamento NSR-10

4.4.2.ACERO DE REFUERZO

El refuerzo estructural para elementos en concreto, se diseñarán con base en los estándares del Título C del NSR-10. Estableciendo como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

- Esfuerzo de Fluencia (Tensión): $F_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$
- Esfuerzo de Fluencia (Cortante): $F_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$

4.4.3.ACERO ESTRUCTURAL

Donde se requiera el uso de acero estructural, se diseñarán con base en los estándares del Título F del NSR-10. Estableciendo como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

- Acero ASTM A-36: $F_y = 36 \text{ ksi} = 2530 \frac{kgf}{cm^2}$
- Acero ASTM A572 Gr 50: $F_y = 50 \text{ ksi} = 3500 \frac{kgf}{cm^2}$
- Acero ASTM A500 Gr C: $F_y = 50 \text{ ksi} = 3500 \frac{kgf}{cm^2}$

4.5. CARGAS DE DISEÑO – CASOS DE CARGA

Las edificaciones y las estructuras para las cubiertas de los sitios de reunión, contemplados en el proyecto, se diseñan con los casos y combinaciones de carga establecidos en el Título B del Reglamento NSR-10.

Los casos de carga y combinaciones de cargas con las que se evalúan y diseñan las estructuras hidráulicas del proyecto, siguen las recomendaciones de la ACI 350M-06. El cálculo de estas cargas, donde se requieran parámetros locales, se hace de acuerdo con el NSR-10, en especial los cálculos de las fuerzas horizontales correspondientes a la acción del viento y sismo.

Las combinaciones de carga se definen para un diseño basado en factores de carga y factores de reducción de resistencia, ϕ . Como se explicará más adelante, en el diseño estructuras ambientales, la resistencia requerida debe incrementarse por el factor de durabilidad

ambiental. Al usar este factor, se tiene una relación conservadora en los esfuerzos por cargas de servicio (sin factores de carga) en elementos no pre-esforzados, y proporciona un control de fisuras suficiente para garantizar la durabilidad de las estructuras.

Es importante anotar que, de acuerdo con el código ACI 350M-06, las cargas de servicio deben ser calculadas de acuerdo con los códigos generales para edificaciones y/o estructuras. En el caso de Colombia, el código general para el diseño de edificaciones es el Reglamento NSR-10. Parte de las cargas en las estructuras hidráulicas del proyecto, se calcula de acuerdo con lo establecido en el documento AIS 180-13 – Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones.

4.5.1.CARGA MUERTA (D)

La carga muerta (D) corresponde al peso propio de la estructura, así como los pesos de otros elementos que permanecen fijos durante la vida útil de la misma.

4.5.2.CARGA DE FLUIDOS (F)

La carga de fluidos (F) corresponde al peso y la presión de los fluidos con densidades bien definidas y alturas de almacenamiento controlables. Se debe incluir cualquier fuerza o momento en todas direcciones.

4.5.3.CARGA DE SUELO (H)

La carga de Suelo (H), corresponde al peso y presión del suelo sobre la estructura. Se debe incluir el agua en el suelo (nivel freático) y cualquier otro material que genere presión en la estructura por encontrarse restringido horizontalmente. Estas solicitaciones se determinan según los parámetros reportados en el estudio de suelos del proyecto.

4.5.4.CARGA VIVA (L)

La carga viva (L) corresponde a cargas gravitacionales que pueden variar durante la construcción, mantenimiento y operación de las estructuras, y que, por ser de naturaleza variable, debe considerarse en el diseño su existencia con el fin de determinar las condiciones de diseño críticas.

4.5.5.CARGA VIVA DE CUBIERTA (LR)

La carga viva de cubierta (L_r) corresponde a la misma descripción de carga viva, pero, que se presenta exclusivamente en la cubierta.

4.5.6.CARGA DE EMPOZAMIENTO (LE)

Carga debida al empozamiento de agua o granizo en la cubierta.

4.5.7.CARGA DE GRANIZO (G)

La carga de nieve o granizo (G) es la carga generada por la presencia de esta condición climática, sin considera carga de empozamiento. De acuerdo con el artículo B.4.8.3.1 del NSR-10, se considerará únicamente para los municipios o regiones ubicadas a más de 2000 metros sobre el nivel del mar. Por lo anterior, en el presente proyecto no se considera este tipo de carga.

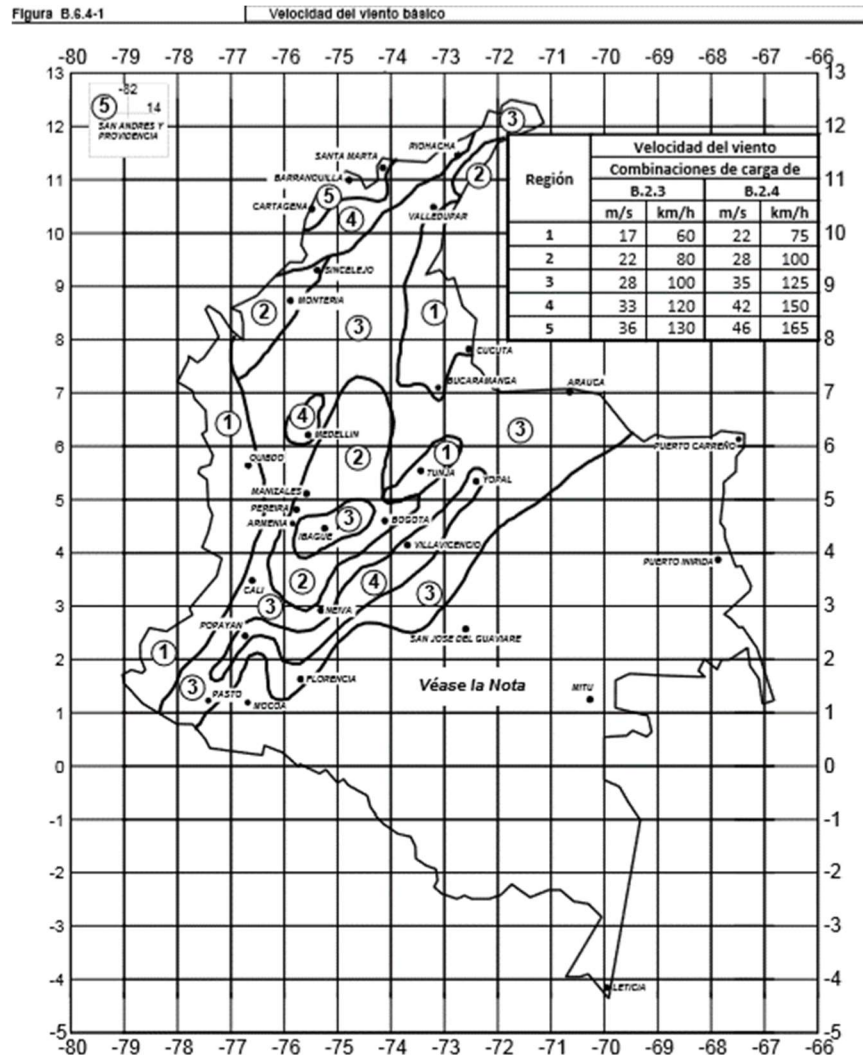
4.5.8.CARGA POR TEMPERATURA (T)

La carga de Temperatura (T) causada por efectos acumulados de cambios de temperatura, retracción al fraguado, flujo plástico (creep), cambios de humedad, asentamientos diferenciales o cualquier combinación entre estos.

4.5.9.CARGA DE VIENTO (W)

En los diseños donde aplique, se consideró una carga eólica producida por una velocidad de viento básica de 100 kph, para el método de la resistencia ultima que está referido a las combinaciones de carga del capítulo B.2.4 del Reglamento NSR-10, dado que el municipio de Maicao se encuentra ubicado en la Región 2 del mapa de amenaza eólica del NSR-10 (Figura B.6.4-1). Se aclara que cuando se emplearon las combinaciones del ACI 350 se utilizó la velocidad correspondiente al literal B.2.3 del mapa, tal como se observa en la Figura 21.

Figura 21 Mapa de amenaza eólica



Fuente: NSR-10.

4.5.10.CARGA DE SISMO (E)

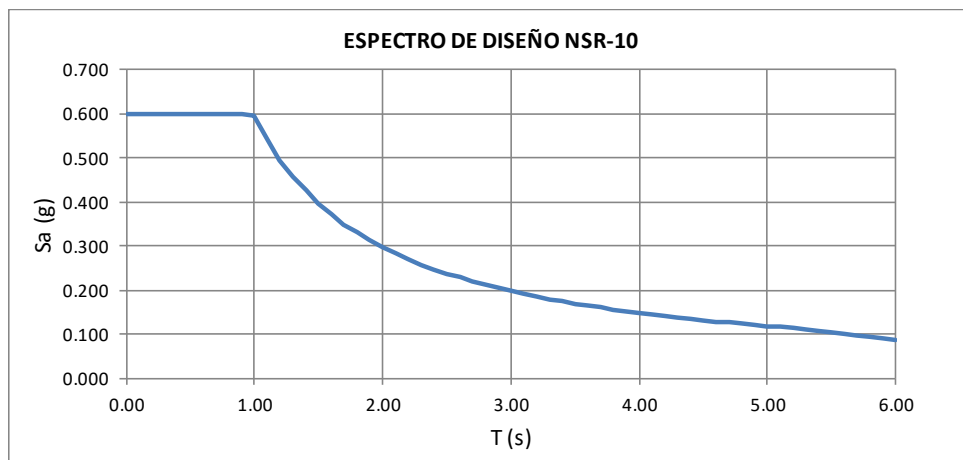
Las cargas sísmicas (E), corresponden a todas las fuerzas o momentos generados por la inercia de las masas en las estructuras una vez estas se ven excitadas por la acción de un sismo. En especial se calcula la fuerza sísmica debida a la masa correspondiente a la carga muerta y a la carga de fluidos (F).

4.5.10.1. ESPECTRO DE DISEÑO

El espectro de diseño se calculará de acuerdo con la formulación establecida en el Reglamento NSR-10, con base en los parámetros del sitio en el cual se localizarán las estructuras.

- Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva: $A_a = 0.10$
- Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva: $A_v = 0.15$
- Coeficiente de amplificación para periodos cortos: $F_a = 1.60$
- Coeficiente de amplificación para periodos intermedios: $F_v = 2.20$
- Zona de amenaza sísmica: Intermedia
- Tipo de perfil de suelo: D (estudio de suelos)
- Coeficiente de importancia para los tanques: $I = 1.50$
- Coeficiente de importancia para edificio de la PTAP: $I = 1.50$
- Coeficiente de importancia para las demás estructuras: $I = 1.50$

Gráfica 1 Espectro de diseño



Fuente: WSP, 2018.

4.5.10.2. FUERZAS HIDRODINÁMICAS

En el momento que un sismo excita un fluido contenido en un tanque, se presentan dos tipos de fuerzas, impulsiva y convectiva. La fuerza impulsiva corresponde a la fuerza generada por la porción inferior del fluido. La fuerza convectiva corresponde a la fuerza causada por el oleaje que golpea las paredes. Gráfica 3.

La fuerza hidrodinámica se calcula por medio de la suma de estos dos efectos. Al integrar la presión a lo largo de los muros en una dirección, se puede calcular el cortante basal debido a las fuerzas hidrodinámicas como:

$$V_s = V_{im} + V_{co}$$

Donde,

V_{im} es la componente impulsiva de la fuerza hidrodinámica en el cortante basal, y,

V_{co} es la componente convectiva de la fuerza hidrodinámica en el cortante basal.

La componente impulsiva de la fuerza hidrodinámica se calcula como:

$$V_{im} = \frac{S_{aim} I g M_{im}}{R}$$

Donde,

S_{aim} es la aceleración espectral la cual se define al igual que en la sección anterior (4.5.10.1), aunque se debe cumplir que la aceleración espectral sea mayor que los valores mínimos:

$$S_{aim} \geq 0.11 A_a F_a I R$$

$$S_{aim} \geq 0.3 R$$

$$S_{aim} \geq 0.9 A_v I R$$

I es el coeficiente de importancia definido en la sección A.2.5 del Reglamento NSR-10. Se toma el coeficiente del NSR-10 para todos los casos, incluido el cálculo de la altura libre del tanque. ($I = 1.50$).

R es el coeficiente de capacidad de disipación de energía se obtiene de la Tabla 4-2 del documento AIS 180-13. Para el caso de tanques apoyados sobre el terreno, de concreto con base flexible (condición crítica) no anclada ni restringida, el coeficiente de reducción es 1.50.

$g M_{im}$ es la masa de la componente impulsiva, la cual corresponde a la masa del líquido contenido en cualquier compartimento del tanque multiplicado por, g , la aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s^2).

En la Gráfica 2 se puede observar el espectro de aceleraciones para el cálculo de la fuerza impulsiva. Se puede observar una diferencia con la Gráfica 1, la cual muestra el espectro de aceleraciones usado para el cálculo de la fuerza sísmica inercial de las estructuras.

La componente convectiva (oleaje) de la fuerza hidrodinámica se calcula como:

$$V_{co} = \frac{S_{aco} I g M_{co}}{1.5}$$

Donde,

S_{aco} es la aceleración espectral de la componente convectiva para un periodo de oleaje T_{co} , la cual se define como:

Para $T_{co} \leq T_L$:

$$S_{aco} = \frac{1.80 A_v F_v I}{T_c} \leq 3.75 A_a F_a I$$

Para $T_L < T_{co}$

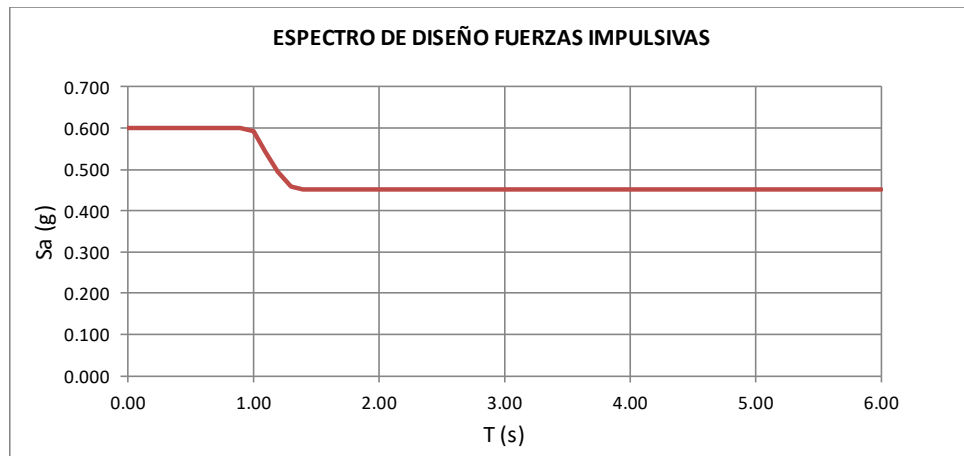
$$S_{aco} = \frac{1.8 A_v F_v I T_L}{T_{co}^2}$$

I es el coeficiente de importancia definido en la sección A.2.5 del Reglamento NSR-10, ($I = 1.50$).

$g M_{co}$ es la masa de la componente convectiva, la masa del líquido que se activa en el oleaje inducido por el sismo. multiplicado por, g , la aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s^2)

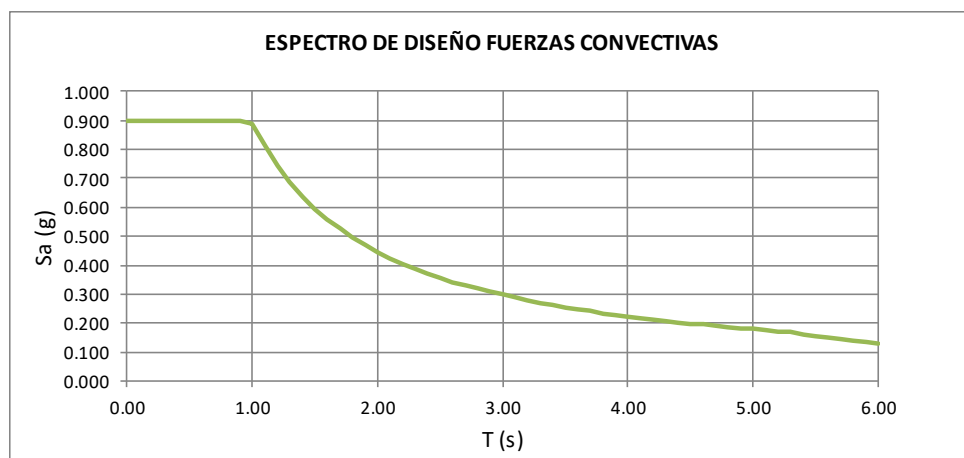
A continuación, se presenta el espectro de aceleraciones para el cálculo de la fuerza producida por la componente convectiva (oleaje) generado en un sismo. Este espectro difiere de las gráficas presentadas anteriormente.

Gráfica 2 Espectro de aceleración para el cálculo de fuerzas impulsivas



Fuente: WSP, 2018.

Gráfica 3 Espectro de aceleración para el cálculo de fuerzas convectivas



Fuente: WSP, 2018.

El cálculo de la aceleración espectral que excita la masa de agua (ya sea impulsiva o convectiva) depende del periodo de vibración del sistema. En el caso del cálculo de la fuerza impulsiva se toma en cuenta el periodo natural de la estructura del tanque y la componente impulsiva del contenido; y en el caso de la fuerza convectiva se usa el periodo natural del primer modo (convectivo) del oleaje inducido por el sismo.

El periodo natural, T_{co} , se calcula como:

$$T_{co} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{3.68g \tanh\left(\frac{3.68H_w}{L}\right)}}$$

Donde,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo, y,

H_w es la altura de la lámina de agua,

El cálculo del periodo usado en el espectro de aceleraciones de la fuerza impulsiva es un poco más complejo que en el caso de la fuerza convectiva. Esto es ya que al tratarse de la masa de agua que se comporta como si estuviera adherida a las paredes del tanque, es necesario en el cálculo del periodo, considerar la rigidez y masa del tanque. El periodo fundamental de la estructura del tanque y la componente impulsiva del contenido es:

$$T_{im} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Donde,

m es la masa del sistema considerado, siendo esta la masa de la pared o muro del tanque y la masa del agua contenida que genera fuerza impulsiva, y,

k es la rigidez del sistema considerado.

La masa del sistema, considerando que la fuerza impulsiva se divide en cada uno de los muros transversales a la dirección del sismo, se calcula como:

$$m = m_m + m_{im}$$

$$m = H_m t_m \left(\frac{\gamma_c}{g}\right) + \left(\frac{W_{im}}{W_w}\right) \left(\frac{L}{2}\right) H_w \left(\frac{\gamma_w}{g}\right)$$

Donde,

m_m es la masa de un muro (en las ecuaciones se presenta, de manera de ejemplo, como si el muro tuviera un espesor constante),

m_{im} es la masa de agua involucrada en el cálculo de la fuerza impulsiva,

H_m es la altura del muro,

t_m es el espesor del muro (considerando que este es de espesor constante),

γ_c es el peso específico del concreto (2.40 tonf/m^3),

g es la aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s^2),

W_{im} es el peso de la masa del agua involucrada en la fuerza impulsiva,

W_w es el peso total del agua en el tanque,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo,

H_w es la altura de la lámina de agua, y,

γ_w es el peso específico del agua ($1.00 \text{ tonf}/m^3$).

La rigidez del sistema se calcula como:

$$k = \frac{E_c}{4} \left(\frac{t_m}{h} \right)^3$$

Donde,

E_c es el módulo de elasticidad del concreto,

t_m es el espesor del muro (considerando que este es de espesor constante), y,

h es la altura del centro de la masa del sistema impulsivo, la cual se calcula como:

$$h = \frac{h_m m_m + h_{im} m_{im}}{m_m + m_{im}}$$

Donde,

h_m es la altura al centro de gravedad del muro,

m_m es la masa del muro,

h_{im} es la altura al centro de gravedad del agua que genera la fuerza impulsiva, y,

m_{im} es la masa de agua que genera la fuerza impulsiva.:

La fuerza hidrostática generada por un sismo en el agua contenida en los tanques, dependen de la aceleración espectral y del peso del volumen de líquido involucrado. Para el caso de la fuerza impulsiva, el peso del líquido que se comporta de manera conjunta con la masa del tanque se calcula usando la siguiente relación:

$$\frac{W_{im}}{W_w} = \frac{\tanh\left(0.866 \left(\frac{L}{H_w}\right)\right)}{0.866 \left(\frac{L}{H_w}\right)}$$

Donde,

W_{im} es el peso de la masa del agua involucrada en la fuerza impulsiva,

W_w es el peso total del agua en el tanque,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo, y,

H_w es la altura de la lámina de agua.

En el caso del peso del volumen de agua involucrado en el cálculo de la fuerza convectiva, este se puede calcular con la siguiente relación:

$$\frac{W_{co}}{W_w} = 0.264 \left(\frac{L}{H_w}\right) \tanh\left(3.16 \left(\frac{H_w}{L}\right)\right)$$

W_{co} es el peso de la masa del agua involucrada en la fuerza convectiva,

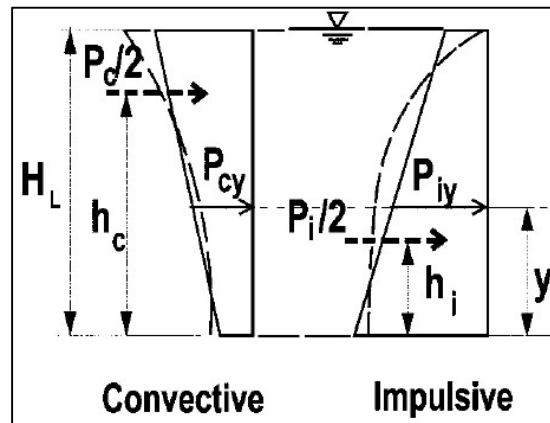
W_w es el peso total del agua en el tanque,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo, y,

H_w es la altura de la lámina de agua.

Hasta el momento se describió la magnitud de la fuerza hidrodinámica producida por un sismo en el fluido contenido de un tanque. Esta fuerza es el resultado basal de unas presiones en las paredes del tanque. La presión que genera la fuerza impulsiva es diferente a la presión de la fuerza convectiva. En la Figura 22 se puede observar la forma en la que se distribuye tanto la presión impulsiva como la presión convectiva. Se puede ver que la distribución de estas presiones no es lineal, sin embargo, en la práctica se ha demostrado que se puede hacer una aproximación lineal.

Figura 22 Distribución de presiones dinámicas



Fuente: ACI 350.3-06.

De acuerdo con la distribución de presiones, y la aproximación lineal, se puede calcular la altura de aplicación de la carga impulsiva mediante la siguiente relación:

$$\frac{h_{im}}{H_w} = 0.50 - 0.09375 \left(\frac{L}{H_w} \right) \quad \text{para} \quad \frac{L}{H_w} < 1.333$$

$$\frac{h_{im}}{H_w} = 0.375 \quad \text{para} \quad \frac{L}{H_w} \geq 1.333$$

Donde,

h_{im} es la altura de aplicación de la fuerza impulsiva (resultante),

H_w es la altura de la lámina de agua, y,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo.

En el caso de la fuerza convectiva, el punto de aplicación de la carga se calcula mediante la siguiente relación:

$$\frac{h_{co}}{H_W} = 1 - \frac{\cosh\left(3.16 \left(\frac{H_W}{L}\right)\right) - 1}{3.16 \left(\frac{H_W}{L}\right) \sinh\left(3.16 \left(\frac{H_W}{L}\right)\right)}$$

Donde,

h_{co} es la altura de aplicación de la fuerza convectiva (resultante),

H_W es la altura de la lámina de agua, y,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo.

La presión hidrodinámica por metro cuadrado, en función de la altura, se divide en dos, dado que, se considera una carga de succión en el muro de entrada que queda perpendicular al movimiento sísmico y una carga de presión en el muro de salida que queda en esta misma dirección. Para la componente impulsiva, la distribución de presión se calcula como:

$$p_{im}(y) = \frac{V_{im}}{2B} \frac{\left(4H_W - 6h_{im} - (6H_W - 12h_{im}) \left(\frac{y}{H_W}\right)\right)}{H_W^2}$$

Donde,

V_{im} es fuerza basal correspondiente a la componente impulsiva de la presión hidrostática,

B es la dimensión del tanque perpendicular al movimiento del agua causado por el sismo,

h_{im} es la altura de aplicación de la fuerza impulsiva (resultante), y,

H_W es la altura de la lámina de agua.

La distribución de la presión en el caso de la fuerza convectiva se calcula como:

$$p_{co}(y) = \frac{V_{co}}{2B} \frac{\left(4H_W - 6h_{co} - (6H_W - 12h_{co}) \left(\frac{y}{H_W}\right)\right)}{H_W^2}$$

Donde,

V_{co} es fuerza basal correspondiente a la componente convectiva de la presión hidrostática,

B es la dimensión del tanque perpendicular al movimiento del agua causado por el sismo,

h_{im} es la altura de aplicación de la fuerza impulsiva (resultante), y,

H_W es la altura de la lámina de agua.

Finalmente, en el cálculo de los efectos sísmicos sobre la masa de agua contenida en el tanque, se debe garantizar que la altura libre (borde libre) en éste sea suficiente para garantizar que se contengan los efectos del oleaje. La altura de la ola inducida por el sismo es:

$$\delta_s = 0.42 L I S_{aco}$$

Donde,

L es la dimensión del tanque paralela al movimiento del agua causado por el sismo,

I es el coeficiente de importancia definido en la sección A.2.5 del Reglamento NSR-10, y,

S_{aco} es la aceleración espectral de la componente convectiva para un periodo de oleaje T_{co} .

Se debe contar con un borde libre igual al establecido en la Tabla 7.6-1 de la AIS 180-13, el cual depende del grupo de uso del tanque y de la altura del oleaje producido en el sismo. La Tabla 31 presenta una transcripción de la tabla de la norma. En el caso de los tanques de almacenamiento del sistema, se considera que las estructuras corresponden a un grupo de uso IV, por lo que el borde libre en los tanques debe ser igual a la altura del oleaje, δ_s .

Tabla 31 Borde libre mínimo requerido según A_a y F_a en el sitio

VALOR DE A_a	GRUPO DE USO I Y II	GRUPO DE USO III	GRUPO DE USO IV
$A_a < \frac{0.067}{F_a}$	No hay	No hay	δ_s
$\frac{0.067}{F_a} \leq A_a < \frac{0.132}{F_s}$	No hay	No hay	δ_s
$\frac{0.132}{F_s} \leq A_a < \frac{0.2}{F_a}$	No hay	$0.70\delta_s$	δ_s
$A_a \leq \frac{0.2}{F_a}$	No hay	$0.70\delta_s$	δ_s

Fuente: AIS 180-13

En caso de no contar con el borde libre mínimo exigido en un tanque cerrado, la estructura (techo, muros y fondo) deben diseñarse para una presión hidrostática con una cabeza hidráulica sumándole a la altura de la lámina de agua, la altura de la ola y restándole el borde libre efectivo. Adicionalmente, a la componente de la masa que genera fuerza impulsiva se le debe sumar la masa convectiva causada por el oleaje inducido por el sismo.

Cuando el borde libre es menor al mínimo exigido en estructuras abiertas, se deben diseñar un sistema de contención secundario alrededor del tanque.

4.5.10.3. FUERZAS SÍSMICAS SOBRE EL SUELO

Si el terreno se ve agitado por acción de un sismo, presión que genera el terreno contenido puede aumentar. Este aumento se calcula cambiando el coeficiente de presión activa, K_a , por un coeficiente de presión activa dinámico, K_{ad} . El cálculo de la fuerza adicional en el terreno contenido, debido al sismo, ha tenido diversos desarrollos científicos, siendo uno de los más utilizados el método de Mononobe - Okabe; en el cual se calcula el coeficiente de presión dinámica como:

$$K_{ad} = \frac{\cos(\phi_{suelo} - \theta)^2}{\cos(\theta) \cos(\delta + \theta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_{suelo} + \delta) \sin(\phi_{suelo} - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\alpha)}} \right)}$$

Donde, α es el ángulo que forma el terreno contenido con la horizontal, δ en el ángulo de fricción entre el concreto y suelo y θ es una relación entre la aceleración horizontal y la aceleración vertical provocada por el sismo que se define como:

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{a_h}{1 - a_v} \right)$$

La aceleración horizontal (a_h) corresponde al valor de A_a en el espectro de diseño, y la aceleración vertical (a_v), se toma como un 10% de esta.

4.6. COMBINACIONES DE CARGA

Las combinaciones de cargas que se deben tener en cuenta dentro del análisis para las estructuras, dependen del procedimiento de diseño. De acuerdo con la norma ACI 350M-06, el diseño de las estructuras hidráulicas se realiza de acuerdo con el método de estado límite de resistencia (método de esfuerzos últimos).

La resistencia requerida en la estructura y sus elementos debe ser por lo menos igual a las combinaciones de cargas mayoradas que se presentan a continuación:

- $U_{01} = 1.4(D + F)$
- $U_{02} = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5L_r$
- $U_{03} = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5S$
- $U_{04} = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5R$
- $U_{05} = 1.2D + 1.6L_r + 1.0L$
- $U_{06} = 1.2D + 1.6L_r + 0.8W$
- $U_{07} = 1.2D + 1.6S + 1.0L$
- $U_{08} = 1.2D + 1.6S + 0.8W$
- $U_{09} = 1.2D + 1.6R + 1.0L$
- $U_{10} = 1.2D + 1.6R + 0.8W$
- $U_{11} = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5L_r$
- $U_{12} = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5S$
- $U_{13} = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5R$
- $U_{14} = 1.2D + 1.2F + 1.0E + 1.6H + 1.0L + 0.2S$
- $U_{15} = 0.9D + 1.2F + 1.6W + 1.6H$
- $U_{16} = 0.9D + 1.2F + 1.0E + 1.6H$

Donde,

D es la carga muerta,

F es la carga de fluidos,

H es la carga debida al empuje de tierra,

E es la carga debida al sismo,

L es la carga viva,

L_r es la carga viva de cubierta,

R es la carga de lluvia,

S es la carga de nieve o granizo,

T es la carga generada por cambios de temperatura, y,

W es la carga de viento.

Los casos de carga se encuentran descritos en la sección. se deben considerar las siguientes excepciones¹:

- El factor de carga (mayoración) de la carga viva (L) en U_{05} a U_{14} puede disminuirse a 0.50 donde se pueda justificar que no mas del 50% de la carga viva de diseño se espera durante la operación normal de la estructura. Esta reducción no se permite en espacios públicos o cuando la carga viva es mayor a 4.80 kN/m^2 .
- Cuando la carga de viento no ha sido reducida por el factor direccional, se permite usar un factor de carga de 1.30, en lugar de 1.60. (U_{11} a U_{16})
- Donde la carga sísmica, E , se base en niveles de servicio de la fuerza sísmica, se debe usar un factor de carga de $1.4E$ en lugar de $1.0E$. (U_{14} y U_{16})
- El factor de carga de H se debe reducir a 0.6 cuando la carga del terreno, H , reduce el efecto de otras cargas como D , L o F . La presión del terreno se debe permitir únicamente cuando investigaciones y análisis muestren que el movimiento de la estructura y las características del terreno son apropiadas para desarrollar la presión necesaria.
- Tanto el valor pleno de la carga viva (L) y la carga de fluidos (F), como su valor nulo (0), debe ser usado en las combinaciones de carga

4.7. COEFICIENTE DE DURABILIDAD AMBIENTAL

Las estructuras ambientales, se deben diseñar para cumplir con las condiciones de durabilidad y vida útil a largo plazo, como lo indica tanto el Reglamento NSR-10, como la norma ACI 350M-06. De acuerdo con estos documentos, el esfuerzo en el acero no preesforzado, usando las combinaciones de carga presentadas en la sección anterior, pueden ser mayores a los deseados para controlar la fisuración.

El Coeficiente de Durabilidad Ambiental, S_d , se emplea con el fin de disminuir el esfuerzo efectivo en condiciones de servicio en el acero de refuerzo no preesforzado.

¹ Las excepciones a las combinaciones de carga se tomaron del código ACI350M-06 – Sección 9.2.1

$$S_d = \frac{\phi f_y}{\gamma f_s} \geq 1.00$$

En donde,

γ Es la relación entre la carga mayorada y la carga no mayorada,

ϕ Es el factor de reducción de resistencia.

f_s Es el esfuerzo de servicio admisible en el acero de refuerzo, y,

f_y Es el esfuerzo a fluencia del acero de refuerzo.

La norma permite usar un factor de reducción de resistencia conservador de 0.90, en todos los casos. El uso del Coeficiente de Durabilidad Ambiental debe ser usado con mucho cuidado. En algunos casos, este coeficiente elimina los efectos de la descripción de factores de cargas y reducción de resistencia del código, en otros casos no es necesario usar el factor, y en algunos es necesario usar este factor en conjunto con los factores de carga de las combinaciones de estado límite. La limitación $S_d \geq 1.00$ se aplica para garantizar que la resistencia requerida por el Título C (en especial el capítulo C.21) del NSR-10 se cumpla en todos los casos, al mismo tiempo que se cumplen las consideraciones establecidas para el control de fisuras.

El esfuerzo admisible en el acero depende del tipo de solicitación a la que este se ve sometido.

Esfuerzo de Tracción Directa o Anular en Exposición Ambiental Normal:	$f_s = 140 \text{ MPa}$
Esfuerzo de Tracción Directa o Anular en Exposición Ambiental Severa:	$f_s = 120 \text{ MPa}$
Esfuerzo Soportado por el Refuerzo para Cortante en Exposición Ambiental Normal:	$f_s = 165 \text{ MPa}$
Esfuerzo Soportado por el Refuerzo para Cortante en Exposición Ambiental Severa:	$f_s = 140 \text{ MPa}$

El esfuerzo soportado por el refuerzo para cortante se define como la porción de la resistencia a corte soportada por este refuerzo, después de restarle la porción del esfuerzo cortante que es resistida por el concreto (ϕV_c):

$$\phi V_s \geq S_d (V_u - \phi V_c)$$

Para el caso de esfuerzos a flexión, la resistencia debe ser mayor a $S_u U$. Donde U es la solicitación de acuerdo con las combinaciones de carga que se presentan en el numeral. En elementos sometidos a flexión el esfuerzo de servicio admisible en el acero de refuerzo (para condiciones de exposición normales) está dada por el artículo 10.6.4 del ACI 350 -06²:

$$f_s = \frac{56000}{\beta \sqrt{s^2 + 4 \left(50 + \frac{d_b}{2} \right)^2}} \geq 115 \text{ MPa}$$

² La ecuación presentada en fue tomada de la norma ACI 350-06 métrica. Los esfuerzos se encuentran en MPa y las distancias en mm. Se considera una exposición normal y no severa ya que el contenido de tanque es agua potable la cual tiene un pH mayor a 5 y uno es una solución de sulfato.

En donde,

β Es la relación entre la carga mayorada y la carga no mayorada,

s Es la separación (centro a centro) de las varillas de refuerzo que se deforman (cara a tensión) con la solicitud de carga a flexión.

d_b es el diámetro nominal de las varillas de refuerzo.

De acuerdo con el artículo 10.6.4.3 de la norma ACI 350M-073, el termino $4(50 + d_b/2)^2$ puede simplificarse a 16000; y el gradiente de deformación unitaria β , se calcula como:

$$\beta = \frac{h - c}{d - c}$$

En donde,

d Es la distancia entre la fibra extrema a compresión y el centro del refuerzo a tensión,

h Es el espesor total del miembro evaluado, y,

c Es la distancia entre la fibra extrema a compresión y el eje neutro, calculado con cargas de servicio.

De acuerdo con la norma ACI 350M-06, en lugar de cálculos más precisos, se puede usar un valor de β igual a:

$$\beta = \begin{cases} 1.35, & h < 400 \text{ mm} \\ 1.20, & h \geq 400 \text{ mm} \end{cases}$$

Como se puede observar en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el esfuerzo máximo permitido en el acero de refuerzo no preesforzado disminuye al aumentar la separación entre las varillas. Considerando un espesor de los elementos de las estructuras iguales o mayores de 40 cm, congruente con el tamaño de las estructuras, y con una separación de 15 cm, valor máximo permitido en el artículo 10.6.5, el valor del esfuerzo máximo permitido en el acero de refuerzo es:

$$f_s = \frac{56000}{1.2\sqrt{(150\text{mm})^2 + 16000}} = 238 \text{ MPa} > 115 \text{ MPa}$$

La relación entre la carga mayorada y la carga no mayorada, considerando que la carga de mayor relevancia en el análisis es la presión hidráulica, es de 1.20. Una relación de cargas menor, resulta en un Coeficiente de Durabilidad Ambiental mayor, por lo que se usa este valor. Para el caso de diseño a flexión, el parámetro ϕ es 0.90, por lo que el Coeficiente de Durabilidad Ambiental es:

$$S_d = \frac{0.90 \times 420 \text{ MPa}}{1.20 \times 238 \text{ MPa}} = 1.32 \geq 1.00$$

³ En el artículo C.23-C.10.6.4.3 del NSR-10 se permite utilizar un valor de 15625, se toma 16000, como lo permite la ACI 350M-06, ya que este valor conduce a un resultado más conservador.

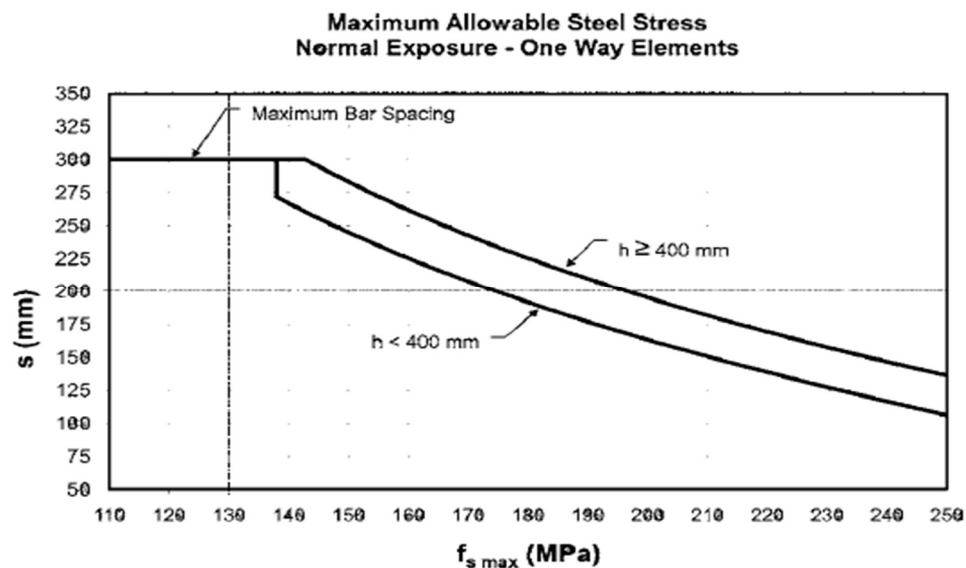
Las combinaciones de carga de diseño presentadas en la sección 4.6, la resistencia a flexión debe satisfacer la siguiente relación:

$$\phi R_N \geq S_d U$$

Usando un factor de reducción de 0.90 para todos los casos, como lo permite la norma, el Coeficiente de Durabilidad Ambiental en los casos distintos a flexión son:

Esfuerzo de Tracción Directa o Anular en Exposición Ambiental Normal:	$S_d = 2.25$
Esfuerzo de Tracción Directa o Anular en Exposición Ambiental Severa:	$S_d = 2.63$
Esfuerzo Soportado por el Refuerzo para Cortante en Exposición Ambiental Normal:	$S_d = 1.91$
Esfuerzo Soportado por el Refuerzo para Cortante en Exposición Ambiental Severa:	$S_d = 2.25$

Gráfica 4 Esfuerzo máximo admisible en el acero, exposición normal - Elementos en una dirección



Fuente: ACI 350M-06

4.8. DISEÑO DEL EDIFICIO PARA LA PTAP

De acuerdo con el diseño del proyecto, el edificio para la PTAP será una estructura de un piso, la cual tendrá un área aproximada de 70 m². Allí se ubicará la PTAP, un cuarto para las baterías eléctricas y tendrá un depósito.

El sistema estructural será de pórticos resistentes a momentos en concreto reforzado, cuya cimentación, de acuerdo con el estudio de suelos, será de tipo superficial con zapatas aisladas, las cuales se vincularán mediante vigas de amarre. Las columnas serán de sección cuadrada de 0.30 m de lado. Las vigas serán rectangulares de 0.25 m x 0.30 m.

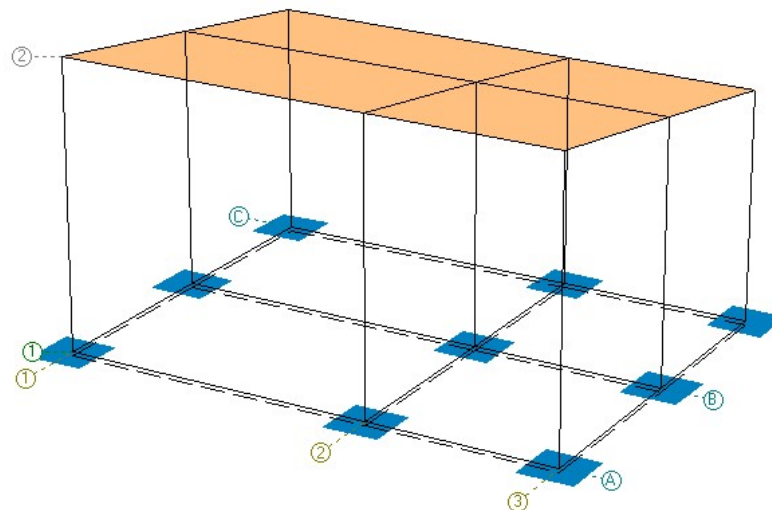
4.8.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE LA PTAP

Para esta estructura se realizó un modelo matemático tridimensional, mediante el software EngSolutions RCB, según la geometría definida para la edificación y el nivel de desplante para su cimentación. El sistema estructural para la edificación es de pórticos resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO). Las propiedades de los materiales se asignaron según las especificaciones presentadas en el numeral 4.4.

Las columnas serán de sección cuadrada de 0.30 m de lado y las vigas tendrán sección rectangular de 0.25 m x 0.30 m. La cubierta será liviana.

Este modelo fue cargado con las solicitaciones debidas a cada uno de los tipos de cargas aplicables descritos en el numeral 4.5. Es importante mencionar que a la cubierta se le asignó la una sobrecarga debida a un acabado de 7.5 cm.

Figura 23 Modelo tridimensional edificio para la PTAP



Fuente: WSP, 2018.

4.8.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.8.2.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

MODE - FREQUENCY ANALYSIS

Mass Matrix Combination (Weight / g)

$$M = (D0 + DL + .25LL) / g$$

Total Building Weight: 22.44 ton

Modal Information: frequency, period, participation factors & generalized mass

Mode No	Frequency Hz	Period sec	== X-Direction ==		== Y-Direction ==		== Z-Direction ==	
			Part.Fac	GenMass*	Part.Fac	GenMass*	Part.Fac	GenMass*
1	3.41	0.2930	0.15	1.00	-0.01	0.03	0.00	0.00
2	3.63	0.2760	0.01	0.00	0.15	1.00	0.00	0.00
3	6.60	0.1520	-0.02	1.06	0.00	1.91	0.00	0.00
4	59.73	0.0170	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08	1.00
5	63.14	0.0160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	1.00
6	67.02	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07	1.00
7	70.14	0.0140	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	1.00
8	73.55	0.0140	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07	1.00
9	74.46	0.0130	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	1.00
10	76.34	0.0130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.00
11	83.43	0.0120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	1.00
12	91.45	0.0110	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	1.00

* : ton-sec²/m

Effective Weight and Participating Mass

Mode No	X - D i r e c t i o n			Y - D i r e c t i o n			Z - D i r e c t i o n		
	Weff*	%Mass	[%-Sum]	Weff*	%Mass	[%-Sum]	Weff*	%Mass	[%-Sum]
1	22.12	98.57	[98.6]	2.50	11.15	[11.2]	0.00	0.00	[0.0]
2	0.00	0.00	[98.6]	19.93	88.81	[100.0]	0.00	0.00	[0.0]
3	0.27	1.19	[99.8]	0.01	0.03	[100.0]	0.00	0.00	[0.0]
4	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	5.85	26.08	[26.1]
5	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	1.27	5.67	[31.7]
6	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	4.66	20.77	[52.5]
7	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	0.70	3.11	[55.6]

8	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	4.19	18.68	[74.3]
9	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	2.26	10.05	[84.4]
10	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	0.35	1.57	[85.9]
11	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	1.72	7.64	[93.6]
12	0.00	0.00	[99.8]	0.00	0.00	[100.0]	1.43	6.38	[100.0]

* : ton

4.8.2.2. CÁLCULO DE DERIVA

Según los resultados obtenidos, la estructura presenta una deriva máxima del 0.20 %.

P-DELTA ANALYSIS - DETAILED MAXIMUM STORY DRIFT RATIO, d/h

Story	ColAxis	(dx/h)max	(dy/h)max	$([(dx/h)^2 + (dy/h)^2]^{1/2})max$
1	A-1	0.0019	0.0016	0.0020
	B-1	0.0018	0.0017	0.0019
	C-1	0.0018	0.0019	0.0019
	A-2	0.0019	0.0013	0.0019
	B-2	0.0018	0.0014	0.0018
	C-2	0.0018	0.0016	0.0018
	A-3	0.0019	0.0013	0.0020
	B-3	0.0018	0.0014	0.0018
	C-3	0.0018	0.0016	0.0018

Note: Drift amplification factor, D: .6666667 in X; .6666667 in Y

MAXIMA DRIFT: (d/h)x =0.0019; (d/h)y =0.0019; (d/h)r =0.0020

4.8.2.3. ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{maxPmin} = R_z/A (1 \pm e_b/S_3 \pm e_l/S_2)$

Self weight of footing: 0.10 $R_z (D_0 + DL + LL)$

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
C-3	1	2.99	0.79	3.02	0.74	0.08	0.02
C-2	1	4.60	2.07	4.62	2.03	0.12	0.05

C-1	1	3.37	1.22	3.43	1.17	0.09	0.03
A-3	1	3.04	1.23	3.08	1.19	0.08	0.03
B-3	1	4.32	1.87	4.34	1.83	0.12	0.05
B-2	1	6.79	3.48	6.82	3.46	0.18	0.09
A-2	1	4.89	2.47	4.91	2.44	0.13	0.07
B-1	1	5.01	2.55	5.02	2.49	0.14	0.07
A-1	1	3.58	1.63	3.63	1.59	0.10	0.04

4.8.3.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las vigas.

BEAM: A(1-2) FLOOR: 1

=====											
Length: L = 5.80 m a = 0.15 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x30											
Lu = 5.50 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 280											

X, m:	0.15	0.70	1.25	1.80	2.35	2.90	3.45	4.00	4.55	5.10	5.65
Mu(-), ton-m:	-1.84	-1.18	-0.69	-0.33	-0.05	0.00	-0.02	-0.26	-0.55	-0.95	-1.42
Mu(+), ton-m:	1.36	1.05	0.85	0.68	0.51	0.33	0.42	0.49	0.51	0.54	0.57
As(-), cm2:	2.09	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.18	1.06	0.86	0.67	0.49	0.41	0.48	0.58	0.69	0.82	0.90
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1 13 #3 @ 5 41 #3 @ 10 13 #3 @ 5 A-2

BEAM: A(2-3) FLOOR: 1

=====											
Length: L = 3.55 m a = 0.15 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x30											
Lu = 3.25 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 280											

X, m:	0.15	0.48	0.80	1.13	1.45	1.78	2.10	2.43	2.75	3.08	3.40
Mu(-), ton-m:	-1.92	-1.44	-1.00	-0.58	-0.22	-0.03	-0.37	-0.72	-1.10	-1.51	-1.98
Mu(+), ton-m:	1.39	1.13	0.86	0.58	0.32	0.19	0.54	0.87	1.18	1.49	1.82
As(-), cm2:	2.19	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.26

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.06
Vu, ton:	1.46	1.43	1.34	1.26	1.19	1.12	1.08	1.17	1.27	1.38	1.40
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-2 13 #3 @ 5 19 #3 @ 10 13 #3 @ 5 A-3

BEAM: B(1-2) FLOOR: 1

	Length:	L = 5.80 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 5.50 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.70	1.25	1.80	2.35	2.90	3.45	4.00	4.55	5.10	5.65
Mu(-), ton-m:	-1.76	-1.13	-0.66	-0.30	-0.04	0.00	-0.02	-0.24	-0.53	-0.93	-1.39
Mu(+), ton-m:	1.26	0.98	0.80	0.65	0.50	0.33	0.42	0.48	0.49	0.52	0.54
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.14	1.02	0.83	0.64	0.47	0.39	0.47	0.56	0.68	0.81	0.89
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 41 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: B(2-3) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 3.55 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.25 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.48	0.80	1.13	1.45	1.78	2.10	2.43	2.75	3.08	3.40
Mu (-), ton-m:	-1.85	-1.39	-0.96	-0.56	-0.21	-0.02	-0.34	-0.69	-1.05	-1.45	-1.91
Mu (+), ton-m:	1.33	1.09	0.83	0.56	0.31	0.18	0.51	0.82	1.12	1.41	1.72
As (-), cm2:	2.10	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.17

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.40	1.38	1.29	1.21	1.13	1.06	1.03	1.13	1.22	1.33	1.36
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-2 13 #3 @ 5 19 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-3

BEAM: C(1-2) FLOOR: 1

	Length:	L = 5.80 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 5.50 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.70	1.25	1.80	2.35	2.90	3.45	4.00	4.55	5.10	5.65
Mu(-), ton-m:	-1.86	-1.20	-0.71	-0.34	-0.05	0.00	-0.03	-0.27	-0.58	-1.00	-1.49
Mu(+), ton-m:	1.35	1.04	0.84	0.68	0.51	0.32	0.43	0.50	0.54	0.58	0.63
As(-), cm2:	2.12	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.19	1.07	0.87	0.68	0.50	0.41	0.50	0.60	0.71	0.85	0.94
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

C-1 13 #3 @ 5 41 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-2

BEAM: C(2-3) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 3.55 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.25 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.48	0.80	1.13	1.45	1.78	2.10	2.43	2.75	3.08	3.40
Mu (-), ton-m:	-1.98	-1.49	-1.04	-0.61	-0.24	-0.02	-0.37	-0.75	-1.14	-1.57	-2.06
Mu (+), ton-m:	1.48	1.20	0.92	0.62	0.34	0.18	0.54	0.88	1.20	1.52	1.86
As (-), cm2:	2.26	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.35

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.12
Vu, ton:	1.49	1.47	1.37	1.29	1.22	1.15	1.13	1.22	1.32	1.43	1.46
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

C-2 13 #3 @ 5 19 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-3

BEAM: A(1-2) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 5.80 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 5.50 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.70	1.25	1.80	2.35	2.90	3.45	4.00	4.55	5.10	5.65
Mu(-), ton-m:	-1.86	-1.33	-0.89	-0.53	-0.37	-0.37	-0.37	-0.37	-0.63	-1.15	-1.75
Mu(+), ton-m:	1.27	1.19	1.11	1.00	0.82	0.57	0.41	0.52	0.59	0.67	0.72
As(-), cm2:	2.12	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.08	1.01	0.90	0.79	0.68	0.66	0.77	0.88	0.99	1.11	1.17
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1 13 #3 @ 5 41 #3 @ 10 13 #3 @ 5 A-2

BEAM: A(2-3) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 3.55 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.25 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.48	0.80	1.13	1.45	1.78	2.10	2.43	2.75	3.08	3.40
Mu (-), ton-m:	-2.01	-1.50	-1.02	-0.56	-0.42	-0.42	-0.48	-0.85	-1.23	-1.64	-2.09
Mu (+), ton-m:	1.35	1.09	0.81	0.51	0.42	0.42	0.64	0.99	1.31	1.61	1.91
As (-), cm2:	2.29	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.38

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.18
Vu, ton:	1.73	1.71	1.64	1.57	1.50	1.42	1.35	1.40	1.47	1.55	1.56
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-2 13 #3 @ 5 19 #3 @ 10 13 #3 @ 5 A-3

BEAM: B(1-2) FLOOR: 2

	=====										
	Length:	L = 5.80 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 5.50 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.70	1.25	1.80	2.35	2.90	3.45	4.00	4.55	5.10	5.65
Mu(-), ton-m:	-1.81	-1.28	-0.85	-0.50	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.62	-1.14	-1.73
Mu(+), ton-m:	1.19	1.13	1.05	0.95	0.78	0.54	0.41	0.51	0.58	0.65	0.69
As(-), cm2:	2.06	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.06	1.00	0.88	0.77	0.66	0.63	0.75	0.86	0.97	1.08	1.15
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 41 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: B(2-3) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 3.55 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.25 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.48	0.80	1.13	1.45	1.78	2.10	2.43	2.75	3.08	3.40
Mu (-), ton-m:	-1.97	-1.47	-0.99	-0.55	-0.41	-0.41	-0.44	-0.80	-1.18	-1.59	-2.03
Mu (+), ton-m:	1.33	1.08	0.81	0.53	0.41	0.41	0.62	0.95	1.25	1.54	1.82
As (-), cm2:	2.24	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.32

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.07
Vu, ton:	1.71	1.69	1.61	1.53	1.45	1.37	1.31	1.38	1.46	1.54	1.56
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-2 13 #3 @ 5 19 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-3

BEAM: C(1-2) FLOOR: 2

	=====										
	Length:	L = 5.80 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 5.50 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.70	1.25	1.80	2.35	2.90	3.45	4.00	4.55	5.10	5.65
Mu(-), ton-m:	-1.94	-1.39	-0.92	-0.55	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.69	-1.23	-1.83
Mu(+), ton-m:	1.29	1.21	1.11	0.99	0.80	0.54	0.43	0.55	0.64	0.74	0.80
As(-), cm2:	2.21	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.09
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.11	1.04	0.93	0.82	0.70	0.67	0.79	0.90	1.01	1.12	1.19
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

C-1 13 #3 @ 5 41 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-2

BEAM: C(2-3) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 3.55 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.25 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.48	0.80	1.13	1.45	1.78	2.10	2.43	2.75	3.08	3.40
Mu (-), ton-m:	-2.13	-1.60	-1.10	-0.63	-0.45	-0.45	-0.49	-0.89	-1.30	-1.75	-2.23
Mu (+), ton-m:	1.54	1.24	0.93	0.60	0.45	0.45	0.64	1.01	1.35	1.68	2.01
As (-), cm2:	2.44	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.55

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.29
Vu, ton:	1.79	1.77	1.70	1.62	1.55	1.48	1.42	1.49	1.56	1.64	1.65
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

C-2 13 #3 @ 5 19 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-3

BEAM: 1 (A-B) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 3.65 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.35 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.49	0.82	1.16	1.49	1.83	2.16	2.50	2.83	3.17	3.50
Mu(-), ton-m:	-1.70	-1.28	-0.91	-0.59	-0.30	-0.02	-0.11	-0.38	-0.70	-1.05	-1.44
Mu(+), ton-m:	1.44	1.19	0.95	0.73	0.49	0.23	0.28	0.47	0.67	0.86	1.05
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.21	1.18	1.07	0.97	0.87	0.82	0.89	0.96	1.03	1.11	1.14
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1 13 #3 @ 5 20 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-1

BEAM: 1 (B-C) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 3.35 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.05 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.46	0.76	1.07	1.37	1.68	1.98	2.29	2.59	2.90	3.20
Mu (-), ton-m:	-1.79	-1.33	-0.89	-0.48	-0.13	-0.16	-0.52	-0.91	-1.32	-1.77	-2.27
Mu (+), ton-m:	1.40	1.12	0.83	0.53	0.26	0.32	0.69	1.04	1.39	1.74	2.11
As (-), cm2:	2.03	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.60

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.41
Vu, ton:	1.50	1.49	1.42	1.35	1.29	1.24	1.25	1.35	1.45	1.55	1.58
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 17 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-1

BEAM: 2 (A-B) FLOOR: 1

	Length:	L = 3.65 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.35 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				
X, m:	0.15	0.49	0.82	1.16	1.49	1.83	2.16	2.50	2.83	3.17	3.50
Mu(-), ton-m:	-1.37	-1.02	-0.71	-0.45	-0.22	0.00	-0.07	-0.29	-0.54	-0.84	-1.16
Mu(+), ton-m:	1.08	0.91	0.74	0.57	0.40	0.20	0.23	0.38	0.52	0.65	0.78
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.02	0.99	0.88	0.79	0.70	0.63	0.70	0.77	0.85	0.93	0.95
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-2 13 #3 @ 5 20 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: 2 (B-C) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 3.35 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.05 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.46	0.76	1.07	1.37	1.68	1.98	2.29	2.59	2.90	3.20
Mu (-), ton-m:	-1.42	-1.05	-0.69	-0.36	-0.09	-0.11	-0.39	-0.70	-1.03	-1.40	-1.81
Mu (+), ton-m:	1.06	0.86	0.64	0.42	0.21	0.27	0.55	0.82	1.07	1.33	1.61
As (-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.06

As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.23	1.21	1.14	1.08	1.02	0.96	0.99	1.08	1.18	1.27	1.29
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-2 13 #3 @ 5 17 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-2

BEAM: 3 (A-B) FLOOR: 1

=====

Length: L = 3.65 m a = 0.15 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x30

Lu = 3.35 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 280

X, m:	0.15	0.49	0.82	1.16	1.49	1.83	2.16	2.50	2.83	3.17	3.50
Mu (-), ton-m:	-1.42	-1.06	-0.75	-0.48	-0.23	-0.01	-0.08	-0.32	-0.59	-0.91	-1.25
Mu (+), ton-m:	1.20	1.01	0.82	0.64	0.44	0.22	0.25	0.40	0.56	0.71	0.85
As (-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.05	1.02	0.91	0.82	0.73	0.70	0.77	0.84	0.91	0.99	1.02
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-3 13 #3 @ 5 20 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-3

BEAM: 3 (B-C) FLOOR: 1

=====

Length: L = 3.35 m a = 0.15 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x30

Lu = 3.05 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 280

X, m:	0.15	0.46	0.76	1.07	1.37	1.68	1.98	2.29	2.59	2.90	3.20
Mu (-), ton-m:	-1.54	-1.14	-0.75	-0.40	-0.10	-0.12	-0.42	-0.75	-1.10	-1.48	-1.91
Mu (+), ton-m:	1.15	0.93	0.69	0.44	0.23	0.29	0.60	0.89	1.17	1.46	1.76

As (-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.17
As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.32	1.30	1.23	1.17	1.11	1.05	1.05	1.14	1.24	1.33	1.36
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-3 13 #3 @ 5 17 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-3

BEAM: 1 (A-B) FLOOR: 2

Length: L = 3.69 m a = 0.15 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x30
Lu = 3.39 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 280

X, m:	0.15	0.49	0.83	1.17	1.51	1.84	2.18	2.52	2.86	3.20	3.54
Mu (-), ton-m:	-1.87	-1.37	-0.96	-0.60	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.79	-1.32	-1.92
Mu (+), ton-m:	1.52	1.37	1.23	1.04	0.80	0.50	0.42	0.56	0.71	0.85	0.98
As (-), cm2:	2.13	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.19
As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.75	1.70	1.53	1.35	1.18	1.25	1.42	1.60	1.77	1.95	2.00
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1 13 #3 @ 5 20 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-1

BEAM: 1 (B-C) FLOOR: 2

Length: L = 3.39 m a = 0.15 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x30
Lu = 3.09 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 280

X, m:	0.15	0.46	0.77	1.08	1.38	1.69	2.00	2.31	2.62	2.93	3.24
Mu (-), ton-m:	-2.31	-1.64	-1.02	-0.50	-0.50	-0.50	-0.57	-1.00	-1.45	-1.94	-2.50
Mu (+), ton-m:	1.39	1.13	0.85	0.56	0.50	0.57	0.99	1.36	1.68	1.97	2.26

As (-), cm2:	2.65	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.21	2.88
As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.24	2.59
Vu, ton:	2.46	2.43	2.27	2.11	1.95	1.80	1.66	1.80	1.96	2.12	2.15
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 17 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-1

BEAM: 2 (A-B) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 3.69 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.39 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.49	0.83	1.17	1.51	1.84	2.18	2.52	2.86	3.20	3.54
Mu(-), ton-m:	-1.55	-1.06	-0.69	-0.39	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.65	-1.19	-1.81
Mu(+), ton-m:	1.12	1.08	1.05	0.97	0.81	0.58	0.47	0.50	0.54	0.58	0.60
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.06
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.79	1.72	1.49	1.26	1.02	1.13	1.37	1.60	1.83	2.06	2.13
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-2 13 #3 @ 5 20 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: 2 (B-C) FLOOR: 2

=====													
	Length:	L	=	3.39 m	a	=	0.15 m	Section:	b	=	25.0 cm	Sec:	V25x30
		Lu	=	3.09 m	c	=	0.15 m		h	=	30.0 cm	Mat:	280

X, m:	0.15	0.46	0.77	1.08	1.38	1.69	2.00	2.31	2.62	2.93	3.24		
Mu(-), ton-m:	-2.09	-1.44	-0.85	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42	-0.71	-1.09	-1.51	-2.02		
Mu(+), ton-m:	0.92	0.79	0.63	0.47	0.42	0.57	0.90	1.17	1.38	1.54	1.70		

As (-), cm2:	2.39	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.31
As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	2.45	2.41	2.20	1.99	1.78	1.57	1.40	1.58	1.79	2.00	2.05
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-2 13 #3 @ 5 17 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-2

BEAM: 3 (A-B) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 3.69 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.39 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.49	0.83	1.17	1.51	1.84	2.18	2.52	2.86	3.20	3.54
Mu(-), ton-m:	-1.55	-1.15	-0.81	-0.51	-0.31	-0.31	-0.31	-0.31	-0.65	-1.08	-1.55
Mu(+), ton-m:	1.28	1.14	1.01	0.84	0.64	0.39	0.33	0.46	0.59	0.72	0.84
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.37	1.34	1.21	1.09	0.96	1.01	1.14	1.26	1.38	1.51	1.54
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

A-3 13 #3 @ 5 20 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-3

BEAM: 3 (B-C) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 3.39 m	a = 0.15 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25x30				
		Lu = 3.09 m	c = 0.15 m		h = 30.0 cm	Mat:	280				

X, m:	0.15	0.46	0.77	1.08	1.38	1.69	2.00	2.31	2.62	2.93	3.24
Mu (-), ton-m:	-1.87	-1.33	-0.84	-0.42	-0.42	-0.42	-0.49	-0.85	-1.22	-1.63	-2.09

Mu(+), ton-m:	1.19	0.96	0.72	0.46	0.42	0.45	0.80	1.11	1.39	1.64	1.89
As(-), cm2:	2.12	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.39
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.15
Vu, ton:	1.93	1.90	1.79	1.68	1.57	1.46	1.37	1.47	1.58	1.70	1.72
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-3

13 #3 @ 5 17 #3 @ 10 13 #3 @ 5

C-3

4.8.4.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las columnas de la edificación.

						TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
Column	Story	L	Lu	Sec	b x h	TIES	XTIES	Sec	LdCmb	Pu	Mu2	Mu3	RHO	As
		(m)	(m)	Mat	(cm)				critc	(ton)	(ton-m)	(ton-m)	-	(cm2)
C-3	1	4.25	4.03	1	30x30	8 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	4	3.75	2.64	1.49	0.0100	9.00
				1		13 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	4	3.75	2.79	1.51	0.0100	9.00
B-3	1	4.75	4.53	1	30x30	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	16	1.93	0.76	3.09	0.0100	9.00
				1		14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	16	1.93	0.79	3.08	0.0100	9.00
A-3	1	5.28	5.06	1	30x30	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	3	1.68	2.08	1.20	0.0100	9.00
				1		17 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	11	0.79	2.23	1.08	0.0100	9.00
C-2	1	4.25	4.03	1	30x30	8 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	4	3.00	3.80	1.10	0.0101	9.11
				1		13 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	4	3.00	3.75	0.99	0.0100	9.00
B-2	1	4.75	4.53	1	30x30	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	4	4.54	3.45	1.03	0.0100	9.00
				1		14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	4	4.54	3.39	1.00	0.0100	9.00
A-2	1	5.28	5.06	1	30x30	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	6	3.32	3.61	0.83	0.0100	9.00
				1		17 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	6	3.32	3.53	0.67	0.0100	9.00

C-1	1	4.25	4.03	1	30x30	8 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	10	3.96	0.85	3.01	0.0100	9.00
				1		13 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	5	3.70	2.37	1.77	0.0100	9.00
B-1	1	4.75	4.53	1	30x30	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	10	3.72	1.05	3.69	0.0100	9.00
				1		14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	10	3.72	1.04	3.68	0.0100	9.00
A-1	1	5.28	5.06	1	30x30	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	5	2.94	2.28	0.70	0.0100	9.00
				1		17 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	5	2.94	2.46	0.87	0.0100	9.00

4.8.5.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas, de acuerdo con fuerzas cortantes y momentos máximos.

Footing	Floor	Mat	B	L	h	Vu1/ØVc1	Dir	Reinforcem	As	Mu
			m	m	cm	Vu2/ØVc2	-		cm2	ton-m
C-3	1	1	1.00	1.00	30	0.07	B	5#4@21 cm	5.400	0.39
						0.09	L	5#4@21 cm	5.400	0.39
C-2	1	1	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.45
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.44
C-1	1	1	1.00	1.00	30	0.07	B	5#4@21 cm	5.400	0.40
						0.09	L	5#4@21 cm	5.400	0.39
A-3	1	1	1.00	1.00	30	0.06	B	5#4@21 cm	5.400	0.33
						0.08	L	5#4@21 cm	5.400	0.34
B-3	1	1	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.41
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.42
B-2	1	1	1.00	1.00	30	0.10	B	5#4@21 cm	5.400	0.53
						0.12	L	5#4@21 cm	5.400	0.53
A-2	1	1	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.43
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.43
B-1	1	1	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.41

						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.41
A-1	1	1	1.00	1.00	30	0.06	B	5#4@21 cm	5.400	0.35
						0.08	L	5#4@21 cm	5.400	0.34

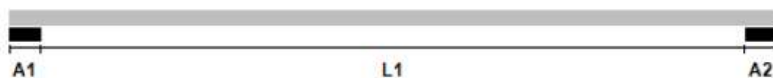
4.8.6.DISEÑO DE CORREAS DE LA CUBIERTA

Las correas de la estructura de la cubierta se diseñan para soportar las cargas muertas, vivas y las de viento. En este caso, la presión de viento será 40 kgf/m^2 . El diseño de las correas se realiza con el programa de Aceso, Arquimet 2.0, el cual cuenta con los ábacos de diseños de los perfiles en lámina delgadas cargados y compara las solicitaciones con la resistencia de los perfiles.

A continuación, se presenta el diseño en el programa de Aceso.

REPORTE DE CORREAS **PHR Cajón 160 x 60 x 20 (1.20 mm)** **con $F_y = 35.15 \text{ Kgf/mm}^2$ cada 1.15 m sin arriostramiento interior.**

SECCION LONGITUDINAL



L1	5.55 m
A1	0.25 m
A2	0.25 m

CONFIGURACION	
TIPO DE CARGA	DISTRIBUIDA
Carga muerta	0.25 KN/m ²
Peso propio correa	0.06 KN/m
Carga viva	0.50 KN/m ²
Carga granizo	0.00 KN/m ²
Viento compresión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Viento succión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Pendiente sección transversal	$8.531^\circ = 15.0000\%$

REPORTES DE DISEÑO

REPORTE FLEXION				
	Apoyos		Interiores	
Ejes locales	3	2	3	2
Resistente (KN.m)	10.5685	4.8525	10.5685	4.8525
Calculado (KN.m)	2.0533E-06	1.2641E-07	6.5091	0.8313

REPORTE CORTANTE		
Ejes locales	2	3
Resistente (KN)	21.8399	44.8965
Calculado (KN)	4.4648	0.5702

REPORTE DEFLEXION		
Deflexiones máximas	Instantanea	Permanente
Admisible (m)	0.0215	0.0000
Calculado (m)	0.0143	0.0000

COMBINACIONES DE CARGA					
No	Muerta	Viva	Granizo	Viento compresión	Viento succión
1	1.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000
3	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000
4	1.2000	1.6000	0.0000	0.5000	0.0000
5	1.2000	0.0000	1.6000	0.5000	0.0000
6	1.2000	1.6000	0.0000	0.0000	0.5000
7	1.2000	0.0000	1.6000	0.0000	0.5000
8	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	1.0000
9	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	1.0000
10	1.2000	0.5000	0.0000	1.0000	0.0000
11	1.2000	0.0000	0.5000	1.0000	0.0000
12	0.9000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
13	0.9000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

REACCIONES - EJES GLOBALES (KN-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1			APOYO 2		
Combinacion	Rx	Ry	Combinacion	Rx	Ry
Muerta	-1.7416E-08	0.9973	Muerta	-1.7416E-08	0.9973
Viva de Cub.	-8.7489E-09	1.6675	Viva de Cub.	-8.7489E-09	1.6675
Granizo	0.0000	0.0000	Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-0.1979	1.3192	Viento Comp.	-0.1979	1.3192
Viento Succion	0.1979	-1.3192	Viento Succion	0.1979	-1.3192
Comb. 1	-1.1804E-08	1.3963	Comb. 1	-1.1804E-08	1.3963
Comb. 2	-4.1182E-08	2.0305	Comb. 2	-4.1182E-08	2.0305
Comb. 3	-1.6460E-08	1.1968	Comb. 3	-1.6460E-08	1.1968
Comb. 4	-0.0989	4.5244	Comb. 4	-0.0989	4.5244
Comb. 5	-0.0989	1.8564	Comb. 5	-0.0989	1.8564
Comb. 6	-0.0989	4.5244	Comb. 6	-0.0989	4.5244
Comb. 7	-0.0989	1.8564	Comb. 7	-0.0989	1.8564
Comb. 8	-0.1979	3.3498	Comb. 8	-0.1979	3.3498
Comb. 9	-0.1979	2.5160	Comb. 9	-0.1979	2.5160
Comb. 10	-0.1979	3.3498	Comb. 10	-0.1979	3.3498
Comb. 11	-0.1979	2.5160	Comb. 11	-0.1979	2.5160
Comb. 12	-0.1979	2.2168	Comb. 12	-0.1979	2.2168
Comb. 13	-0.1979	2.2168	Comb. 13	-0.1979	2.2168

FUERZAS INTERNAS - EJES LOCALES (KN-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1					APOYO 2				
Combinacion	R2	R3	M2	M3	Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	0.1479	0.9863	-2.8730E-08	7.6614E-08	Muerta	0.1479	0.9863	-2.8730E-08	6.8953E-07
Viva de Cub.	0.2474	1.6491	-5.7461E-08	1.5323E-07	Viva de Cub.	0.2474	1.6491	-5.7461E-08	7.6614E-07
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	1.3340	0.0000	0.0000	Viento Comp.	0.0000	1.3340	0.0000	0.0000
Viento Succion	0.0000	1.3340	0.0000	0.0000	Viento Succion	0.0000	1.3340	0.0000	0.0000
Comb. 1	0.2071	1.3808	-4.0223E-08	1.0726E-07	Comb. 1	0.2071	1.3808	-4.0223E-08	9.6534E-07
Comb. 2	0.3012	2.0081	-6.3207E-08	1.6855E-07	Comb. 2	0.3012	2.0081	-6.3207E-08	1.2105E-06
Comb. 3	0.1775	1.1836	-3.4477E-08	9.1937E-08	Comb. 3	0.1775	1.1836	-3.4477E-08	8.2744E-07
Comb. 4	0.5733	4.4890	-1.2641E-07	3.3710E-07	Comb. 4	0.5733	4.4890	-1.2641E-07	2.0533E-06
Comb. 5	0.1775	1.8506	-3.4477E-08	9.1937E-08	Comb. 5	0.1775	1.8506	-3.4477E-08	8.2744E-07
Comb. 6	0.5733	4.4890	-1.2641E-07	3.3710E-07	Comb. 6	0.5733	4.4890	-1.2641E-07	2.0533E-06
Comb. 7	0.1775	1.8506	-3.4477E-08	9.1937E-08	Comb. 7	0.1775	1.8506	-3.4477E-08	8.2744E-07
Comb. 8	0.3012	3.3421	-6.3207E-08	1.6855E-07	Comb. 8	0.3012	3.3421	-6.3207E-08	1.2105E-06
Comb. 9	0.1775	2.5176	-3.4477E-08	9.1937E-08	Comb. 9	0.1775	2.5176	-3.4477E-08	8.2744E-07
Comb. 10	0.3012	3.3421	-6.3207E-08	1.6855E-07	Comb. 10	0.3012	3.3421	-6.3207E-08	1.2105E-06
Comb. 11	0.1775	2.5176	-3.4477E-08	9.1937E-08	Comb. 11	0.1775	2.5176	-3.4477E-08	8.2744E-07
Comb. 12	0.1332	2.2217	-2.5857E-08	6.8953E-08	Comb. 12	0.1332	2.2217	-2.5857E-08	6.2058E-07
Comb. 13	0.1332	2.2217	-2.5857E-08	6.8953E-08	Comb. 13	0.1332	2.2217	-2.5857E-08	6.2058E-07

4.9. DISEÑO DEL CENTRO ADMINISTRATIVO

De acuerdo con el diseño del proyecto, el edificio para el centro administrativo será una estructura de un piso, la cual tendrá un área aproximada de 18 m².

El sistema estructural será de pórticos resistentes a momentos en concreto reforzado cuya cimentación, de acuerdo con el estudio de suelos, será de tipo superficial con zapatas aisladas, las cuales se vincularán mediante vigas de amarre. Las columnas serán cuadradas de 0.25 m de lado.

4.9.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

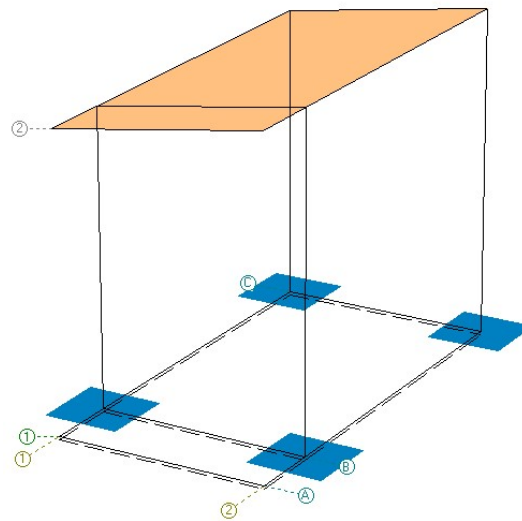
Para esta estructura se realizó un modelo matemático tridimensional, empleando el software EngSolutions RCB, según la geometría definida para la edificación y el nivel de desplante para su cimentación. El sistema estructural para la edificación es de pórticos resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO). Las propiedades de los materiales se asignaron según las especificaciones presentadas en el numeral 4.4.

Las columnas serán de sección cuadrada de 0.25 m de lado y las vigas tendrán sección rectangular de 0.25 m x 0.30 m. La cubierta será liviana.

Este modelo fue cargado con las solicitaciones debidas a cada uno de los tipos de cargas aplicables descritos en el numeral 4.5.

Es importante mencionar que, de acuerdo con el uso y tamaño de la estructura, para diseño se trabajó con un coeficiente de importancia $I = 1.10$ (grupo de uso II)

Figura 24 Modelo tridimensional centro administrativo



Fuente: WSP, 2018.

4.9.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.9.2.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

MODE - FREQUENCY ANALYSIS

Mass Matrix Combination (Weight / g)

$$M = (D0 + DL + .25LL) / g$$

Total Building Weight: 6.75 ton

Modal Information: frequency, period, participation factors & generalized mass

Mode No	Frequency Hz	Period sec	== X-Direction ==		== Y-Direction ==		== Z-Direction ==	
			Part.Fac	GenMass*	Part.Fac	GenMass*	Part.Fac	GenMass*
1	3.64	0.2750	-0.01	0.02	-0.08	0.99	0.00	0.00
2	3.89	0.2570	-0.08	1.00	0.01	0.02	0.00	0.00
3	6.74	0.1480	-0.01	2.18	-0.01	0.80	0.00	0.00

* : ton-sec²/m

Effective Weight and Participating Mass

Mode No	X - D i r e c t i o n			Y - D i r e c t i o n			Z - D i r e c t i o n		
	Weff*	%Mass	[%Sum]	Weff*	%Mass	[%Sum]	Weff*	%Mass	[%Sum]
1	2.18	32.27	[32.3]	4.12	61.03	[61.0]	0.00	0.00	[0.0]
2	4.55	67.41	[99.7]	2.61	38.66	[99.7]	0.00	0.00	[0.0]
3	0.02	0.33	[100.0]	0.02	0.31	[100.0]	0.00	0.00	[0.0]

* : ton

4.9.2.2. CÁLCULO DE DERIVA

Según los resultados obtenidos, la estructura presenta una deriva máxima del 0.19 %.

P-DELTA ANALYSIS - DETAILED MAXIMUM STORY DRIFT RATIO, d/h

Story	ColAxis	(dx/h)max	(dy/h)max	(((dx/h) ² + (dy/h) ²) ^½)max
1	B-1	0.0018	0.0016	0.0019
	C-1	0.0011	0.0016	0.0016
	B-2	0.0017	0.0014	0.0017
	C-2	0.0009	0.0014	0.0014

Note: Drift amplification factor, D: .9090909 in X; .9090909 in Y

MAXIMA DRIFT: (d/h)x =0.0018; (d/h)y =0.0016; (d/h)x =0.0019

4.9.2.3. ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{maxPmin} = R_z/A (1 \pm e_b/S_3 \pm e_l/S_2)$

Self weight of footing: 0.10 R_z (D0 + DL + LL)

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
C-2	1	2.53	1.11	2.56	1.08	0.13	0.05
C-1	1	2.45	1.06	2.48	1.02	0.12	0.05
B-2	1	3.76	1.67	3.77	1.65	0.19	0.08
B-1	1	3.70	1.62	3.71	1.59	0.18	0.08

4.9.3.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las vigas.

BEAM: A(1-2) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 2.85 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30				
		Lu = 2.60 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210				

X, m:	0.13	0.39	0.65	0.91	1.17	1.43	1.69	1.95	2.21	2.47	2.73
Mu(-), ton-m:	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03
Mu(+), ton-m:	0.07	0.14	0.21	0.26	0.29	0.30	0.28	0.25	0.20	0.13	0.06
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.33	0.32	0.24	0.16	0.08	0.02	0.08	0.16	0.23	0.31	0.31
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN											

A-1		13 #3 @ 5 12 #3 @ 10 13 #3 @ 5									A-2

BEAM: B(1-2) FLOOR: 1

	Length:	L = 2.85 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30				
		Lu = 2.60 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210				

X, m:	0.13	0.39	0.65	0.91	1.17	1.43	1.69	1.95	2.21	2.47	2.73
Mu(-), ton-m:	-1.30	-1.00	-0.72	-0.47	-0.22	0.00	-0.11	-0.34	-0.59	-0.87	-1.17
Mu(+), ton-m:	1.18	0.99	0.79	0.60	0.39	0.17	0.27	0.46	0.65	0.84	1.03
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.14	1.14	1.07	1.00	0.93	0.88	0.94	1.00	1.06	1.12	1.12
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 12 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: C(1-2) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L = 2.85 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30				
		Lu = 2.60 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210				

X, m:	0.13	0.39	0.65	0.91	1.17	1.43	1.69	1.95	2.21	2.47	2.73
Mu(-), ton-m:	-0.79	-0.59	-0.41	-0.25	-0.10	0.00	-0.04	-0.18	-0.34	-0.52	-0.72
Mu(+), ton-m:	0.68	0.58	0.49	0.39	0.27	0.15	0.20	0.30	0.40	0.49	0.58
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.76	0.76	0.69	0.63	0.57	0.53	0.58	0.64	0.70	0.76	0.76
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

C-1 13 #3 @ 5 12 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-2

BEAM: A(1-2) FLOOR: 2

=====											
Length:	L	=	2.89 m	a	=	0.13 m	Section:	b	=	10.0 cm	Sec: VT 10X30
	Lu	=	2.64 m	c	=	0.13 m		h	=	30.0 cm	Mat: 210

X, m:	0.13	0.39	0.65	0.92	1.18	1.44	1.71	1.97	2.23	2.50	2.76
Mu(-), ton-m:	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
Mu(+), ton-m:	0.06	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14	0.11	0.08	0.05
As(-), cm2:	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
As(+), cm2:	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Vu, ton:	0.18	0.17	0.14	0.10	0.07	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.18
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1 13 #3 @ 5 13 #3 @ 10 13 #3 @ 5 A-2

BEAM: B(1-2) FLOOR: 2

=====											
Length:	L	=	2.89 m	a	=	0.13 m	Section:	b	=	25.0 cm	Sec: V25X30
	Lu	=	2.64 m	c	=	0.13 m		h	=	30.0 cm	Mat: 210

X, m:	0.13	0.39	0.65	0.92	1.18	1.44	1.71	1.97	2.23	2.50	2.76
Mu(-), ton-m:	-1.47	-1.08	-0.76	-0.45	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.59	-0.92	-1.31
Mu(+), ton-m:	1.31	1.16	1.03	0.86	0.66	0.42	0.50	0.68	0.85	0.98	1.13
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	1.63	1.62	1.49	1.36	1.23	1.10	1.23	1.37	1.50	1.63	1.64
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 13 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: C(1-2) FLOOR: 2

=====													
	Length:	L	=	2.89 m	a	=	0.13 m	Section:	b	=	25.0 cm	Sec:	V25X30
		Lu	=	2.64 m	c	=	0.13 m		h	=	30.0 cm	Mat:	210

X, m:	0.13	0.39	0.65	0.92	1.18	1.44	1.71	1.97	2.23	2.50	2.76		
Mu(-), ton-m:	-0.90	-0.63	-0.42	-0.22	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.32	-0.54	-0.81		
Mu(+), ton-m:	0.75	0.70	0.66	0.59	0.49	0.37	0.39	0.48	0.55	0.59	0.64		
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01		
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01		
Vu, ton:	1.13	1.12	1.01	0.89	0.77	0.66	0.78	0.90	1.02	1.13	1.14		
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3		
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00		

DESIGN

C-1 13 #3 @ 5 13 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-2

BEAM: 1(A-B) FLOOR: 1

=====											
	Length:	L	= 0.97 m	a	= 0.00 m	Section:	b	= 25.0 cm	Sec:	V25X30	
		Lu	= 0.85 m	c	= 0.13 m		h	= 30.0 cm	Mat:	210	

X, m:	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.85
Mu(-), ton-m:	0.00	-0.04	-0.08	-0.12	-0.17	-0.22	-0.27	-0.32	-0.37	-0.43	-0.49
Mu(+), ton-m:	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.58	0.61	0.63	0.64	0.64	0.64
Tu, ton-m:	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

DESIGN

A-1 9 #3 @ 10 B-1

BEAM: 1 (B-C) FLOOR: 1

	Length:	L = 4.60 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30				
		Lu = 4.35 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210				
X, m:	0.13	0.56	1.00	1.43	1.87	2.30	2.74	3.17	3.61	4.04	4.48
Mu(-), ton-m:	-1.28	-0.88	-0.54	-0.26	-0.05	0.00	-0.05	-0.24	-0.47	-0.74	-1.09
Mu(+), ton-m:	0.57	0.51	0.44	0.38	0.31	0.23	0.41	0.55	0.68	0.78	0.91
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.91	0.86	0.74	0.64	0.54	0.46	0.42	0.53	0.64	0.76	0.82
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 30 #3 @ 10 13 #3 @ 5 C-1

BEAM: 2 (A-B) FLOOR: 1

	=====												
	Length:	L	=	0.97 m	a	=	0.00 m	Section:	b	=	25.0 cm	Sec:	V25X30
		Lu	=	0.85 m	c	=	0.13 m		h	=	30.0 cm	Mat:	210

X, m:	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.85		
Mu(-), ton-m:	0.00	-0.04	-0.07	-0.12	-0.16	-0.20	-0.25	-0.30	-0.35	-0.41	-0.46		
Mu(+), ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01		
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01		
Vu, ton:	0.42	0.45	0.48	0.50	0.53	0.55	0.58	0.60	0.61	0.61	0.61		
Tu, ton-m:	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04		
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3		
Spacing, cm:	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00		

DESIGN

A-2 9 #3 @ 10 B-2

BEAM: 2 (B-C) FLOOR: 2

=====												
	Length:	L = 4.60 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30					
		Lu = 4.35 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210					

X, m:	0.13	0.56	1.00	1.43	1.87	2.30	2.74	3.17	3.61	4.04	4.48	
Mu(-), ton-m:	-1.35	-0.94	-0.58	-0.29	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.45	-0.72	-1.06	
Mu(+), ton-m:	0.68	0.63	0.57	0.51	0.42	0.31	0.47	0.61	0.71	0.77	0.84	
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	
Vu, ton:	1.02	0.98	0.89	0.80	0.71	0.62	0.58	0.67	0.76	0.85	0.89	
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	
Spacing, cm:	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	

DESIGN												

	B-2		13 #3 @ 5 30 #3 @ 10 13 #3 @ 5									C-2

4.9.4.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las columnas.

						TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
Column	Story	L	Lu	Sec	bxh	TIES	XTIES	Sec	LdCmb	Pu	Mu2	Mu3	RHO	As
		(m)	(m)	Mat	(cm)				critc	(ton)	(ton-m)	(ton-m)	-	(cm2)
C-2	1	4.35	4.13	1	25x25	10 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	4	2.66	1.00	0.73	0.0100	6.25
				1		16 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	8	2.52	0.34	1.26	0.0100	6.25
B-2	1	4.35	4.13	1	25x25	10 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	4	3.35	1.67	0.38	0.0100	6.25
				1		16 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	4	3.35	1.63	0.44	0.0100	6.25
C-1	1	3.90	3.68	1	25x25	9 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	10	2.53	0.52	1.45	0.0100	6.25
				1		14 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	10	2.53	0.46	1.45	0.0100	6.25

B-1	1	3.90	3.68	1	25x25	9 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	3	3.55	1.84	0.35	0.0100	6.25
				1		14 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	13	2.28	1.72	0.52	0.0100	6.25

4.9.5.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas.

Footings	Floor	Mat	B m	L m	h cm	Vu1/ØVc1 Vu2/ØVc2	Dir -	Reinforcem	As cm2	Mu ton-m
C-2	1	1	1.00	1.00	30	0.06 0.08	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.29 0.29
C-1	1	1	1.00	1.00	30	0.06 0.08	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.29 0.29
B-2	1	1	1.00	1.00	30	0.09 0.11	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.41 0.41
B-1	1	1	1.00	1.00	30	0.09 0.11	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.41 0.42

4.9.6.DISEÑO DE CORREAS DE LA CUBIERTA

Las correas de la estructura de la cubierta se diseñan para soportar las cargas muertas, vivas y las de viento. En este caso, la presión de viento será 40 kgf/m². El diseño de las correas se realiza con el programa de Acesco, Arquimet 2.0, el cual cuenta con los ábacos de diseños de los perfiles en lámina delgadas cargados y compara las solicitaciones con la resistencia de los perfiles.

A continuación, se presenta el diseño en el programa de Acesco.

REPORTE DE CORREAS

PHR Cajón 160 x 60 x 20 (1.20 mm)
con $F_y = 35.15 \text{ Kg/mm}^2$ cada 1.30 m sin arriostramiento interior.

SECCION LONGITUDINAL



L1	4.35 m
A1	0.25 m
A2	0.25 m

CONFIGURACION	
TIPO DE CARGA	DISTRIBUIDA
Carga muerta	0.25 KN/m ²
Peso propio corredera	0.06 KN/m
Carga viva	0.50 KN/m ²
Carga granizo	0.00 KN/m ²
Viento compresión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Viento succión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Pendiente sección transversal	8.531° = 15.0000%

REPORTES DE DISEÑO

REPORTE FLEXION				
	Apoyos		Interiores	
Ejes locales	3	2	3	2
Resistente (KN.m)	10.5685	4.8525	10.5685	4.8525
Calculado (KN.m)	1.2335E-06	3.0646E-08	4.6053	0.5876

REPORTE CORTANTE		
Ejes locales	2	3
Resistente (KN)	21.8399	44.8965
Calculado (KN)	3.9774	0.5075

REPORTE DEFLEXION		
Deflexiones máximas	Instantanea	Permanente
Admisible (m)	0.0170	0.0000
Calculado (m)	0.0064	0.0000

COMBINACIONES DE CARGA					
No	Muerta	Viva	Granizo	Viento compresión	Viento succión
1	1.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000
3	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000
4	1.2000	1.6000	0.0000	0.5000	0.0000
5	1.2000	0.0000	1.6000	0.5000	0.0000
6	1.2000	1.6000	0.0000	0.0000	0.5000
7	1.2000	0.0000	1.6000	0.0000	0.5000
8	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	1.0000
9	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	1.0000
10	1.2000	0.5000	0.0000	1.0000	0.0000
11	1.2000	0.0000	0.5000	1.0000	0.0000
12	0.9000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
13	0.9000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

REACCIONES - EJES GLOBALES (KN-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	-1.7774E-08	0.8772
Viva de Cub.	-2.7618E-08	1.4950
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-0.1774	1.1828
Viento Succion	0.1774	-1.1828
Comb. 1	-1.8964E-08	1.2281
Comb. 2	-4.8826E-08	1.8002
Comb. 3	-2.3918E-08	1.0527
Comb. 4	-0.0887	4.0361
Comb. 5	-0.0887	1.6441
Comb. 6	-0.0887	4.0361
Comb. 7	-0.0887	1.6441
Comb. 8	-0.1774	2.9829
Comb. 9	-0.1774	2.2354
Comb. 10	-0.1774	2.9829
Comb. 11	-0.1774	2.2354
Comb. 12	-0.1774	1.9723
Comb. 13	-0.1774	1.9723

APOYO 2		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	4.4241E-09	0.8772
Viva de Cub.	1.6778E-08	1.4950
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-0.1774	1.1828
Viento Succion	0.1774	-1.1828
Comb. 1	1.4333E-08	1.2281
Comb. 2	1.7767E-08	1.8002
Comb. 3	-1.7205E-09	1.0527
Comb. 4	-0.0887	4.0361
Comb. 5	-0.0887	1.6441
Comb. 6	-0.0887	4.0361
Comb. 7	-0.0887	1.6441
Comb. 8	-0.1774	2.9829
Comb. 9	-0.1774	2.2354
Comb. 10	-0.1774	2.9829
Comb. 11	-0.1774	2.2354
Comb. 12	-0.1774	1.9723
Comb. 13	-0.1774	1.9723

FUERZAS INTERNAS - EJES LOCALES (KN-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	0.1301	0.8675	0.0000	-1.5323E-07
Viva de Cub.	0.2218	1.4785	-1.9154E-08	-7.6614E-08
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	1.1960	0.0000	-2.2984E-07
Viento Succion	0.0000	1.1960	0.0000	-2.2984E-07
Comb. 1	0.1822	1.2145	0.0000	-2.1452E-07
Comb. 2	0.2670	1.7803	-9.5768E-09	-2.2218E-07
Comb. 3	0.1562	1.0410	0.0000	-1.8387E-07
Comb. 4	0.5110	4.0046	-3.0646E-08	-4.2138E-07
Comb. 5	0.1562	1.6390	0.0000	-2.9880E-07
Comb. 6	0.5110	4.0046	-3.0646E-08	-4.2138E-07
Comb. 7	0.1562	1.6390	0.0000	-2.9880E-07
Comb. 8	0.2670	2.9763	-9.5768E-09	-4.5203E-07
Comb. 9	0.1562	2.2370	0.0000	-4.1372E-07
Comb. 10	0.2670	2.9763	-9.5768E-09	-4.5203E-07
Comb. 11	0.1562	2.2370	0.0000	-4.1372E-07
Comb. 12	0.1171	1.9768	0.0000	-3.6775E-07
Comb. 13	0.1171	1.9768	0.0000	-3.6775E-07

APOYO 2				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	0.1301	0.8675	0.0000	1.5323E-07
Viva de Cub.	0.2218	1.4785	-1.9154E-08	5.3630E-07
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	1.1960	0.0000	3.8307E-07
Viento Succion	0.0000	1.1960	0.0000	3.8307E-07
Comb. 1	0.1822	1.2145	0.0000	2.1452E-07
Comb. 2	0.2670	1.7803	-9.5768E-09	4.5203E-07
Comb. 3	0.1562	1.0410	0.0000	1.8387E-07
Comb. 4	0.5110	4.0046	-3.0646E-08	1.2335E-06
Comb. 5	0.1562	1.6390	0.0000	3.7541E-07
Comb. 6	0.5110	4.0046	-3.0646E-08	1.2335E-06
Comb. 7	0.1562	1.6390	0.0000	3.7541E-07
Comb. 8	0.2670	2.9763	-9.5768E-09	8.3510E-07
Comb. 9	0.1562	2.2370	0.0000	5.6695E-07
Comb. 10	0.2670	2.9763	-9.5768E-09	8.3510E-07
Comb. 11	0.1562	2.2370	0.0000	5.6695E-07
Comb. 12	0.1171	1.9768	0.0000	5.2098E-07
Comb. 13	0.1171	1.9768	0.0000	5.2098E-07

4.10. DISEÑO PORTERÍA

De acuerdo con el diseño del proyecto, se requiere una estructura de un nivel para la portería, esta edificación tendrá un área aproximada de 6 m^2 . El sistema estructural será de pórticos resistentes a momentos en concreto reforzado cuya cimentación, será superficial con zapatas aisladas. Las columnas serán cuadradas de 0.25 m de lado.

4.10.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

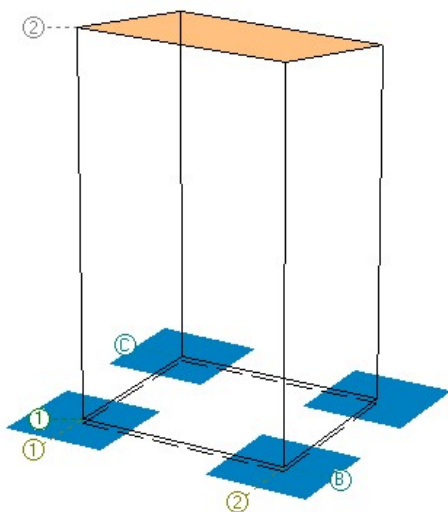
Para esta estructura se realizó un modelo matemático tridimensional, empleando el software EngSolutions RCB, según la geometría definida para la edificación y el nivel de desplante para su cimentación. El sistema estructural para la edificación es de pórticos resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO). Las propiedades de los materiales se asignaron según las especificaciones presentadas en el numeral 4.4.

Las columnas serán de sección cuadrada de 0.25 m de lado y las vigas tendrán sección rectangular de 0.25 m x 0.30 m. La cubierta será liviana.

Este modelo fue cargado con las solicitaciones debidas a cada uno de los tipos de cargas aplicables descritos en el numeral 4.5.

Es importante mencionar que, de acuerdo con el uso y tamaño de la estructura, para diseño se trabajó con un coeficiente de importancia $I = 1.10$ (grupo de uso II)

Figura 25 Modelo tridimensional portería



Fuente: WSP, 2018.

4.10.2.RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.10.2.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

Mass Matrix Combination (Weight / g)

$$M = (D0 + DL + .25LL) / g$$

Total Building Weight: 3.70 ton

Modal Information: frequency, period, participation factors & generalized mass

Mode	Frequency	Period	== X-Direction ==		== Y-Direction ==		== Z-Direction ==	
No	Hz	sec	Part.Fac	GenMass*	Part.Fac	GenMass*	Part.Fac	GenMass*
1	6.72	0.1490	0.06	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2	6.87	0.1450	0.00	0.00	0.06	1.00	0.00	0.00
3	12.19	0.0820	0.00	1.25	0.00	1.74	0.00	0.00

* : ton-sec²/m

Effective Weight and Participating Mass

Mode	X - Direction			Y - Direction			Z - Direction		
No	Weff*	%Mass	[%-Sum]	Weff*	%Mass	[%-Sum]	Weff*	%Mass	[%-Sum]
1	3.67	99.22	[99.2]	0.00	0.00	[0.0]	0.00	0.00	[0.0]
2	0.00	0.00	[99.2]	3.70	99.96	[100.0]	0.00	0.00	[0.0]
3	0.02	0.48	[99.7]	0.00	0.00	[100.0]	0.00	0.00	[0.0]

* : ton

4.10.2.2. CÁLCULO DE DERIVA

Según los resultados obtenidos, la estructura presenta una deriva máxima del 0.07 %.

P-DELTA ANALYSIS - DETAILED MAXIMUM STORY DRIFT RATIO, d/h

Story ColAxis (dx/h)max (dy/h)max ((dx/h)² + (dy/h)²)^{1/2}max

1	B-1	0.0007	0.0006	0.0007
	C-1	0.0006	0.0006	0.0006
	B-2	0.0007	0.0006	0.0007
	C-2	0.0006	0.0006	0.0006

Note: Drift amplification factor, D: 1 in X; 1 in Y

MAXIMA DRIFT: (d/h)_x =0.0007; (d/h)_y =0.0006; (d/h)_r =0.0007

4.10.2.3. ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{maxPmin} = R_z/A (1 \pm e_b/S_3 \pm e_l/S_2)$

Self weight of footing: 0.10 $R_z (D_0 + DL + LL)$

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
C-2	1	1.65	0.57	1.66	0.56	0.08	0.03
C-1	1	1.65	0.57	1.66	0.56	0.08	0.03
B-2	1	1.71	0.61	1.71	0.60	0.08	0.03
B-1	1	1.71	0.61	1.71	0.60	0.08	0.03

4.10.3.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las vigas.

BEAM: B(1-2) FLOOR: 1

=====											
Length: L = 2.10 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25X30											
Lu = 1.85 m c = 0.13 m h = 30.0 cm Mat: 210											

X, m:	0.13	0.31	0.50	0.68	0.87	1.05	1.24	1.42	1.61	1.79	1.98
Mu(-), ton-m:	-0.18	-0.12	-0.07	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.07	-0.12	-0.18
Mu(+), ton-m:	0.14	0.13	0.13	0.12	0.10	0.08	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.31	0.31	0.28	0.24	0.21	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31	0.31
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 36 #3 @ 5 B-2

BEAM: C(1-2) FLOOR: 1

	=====										
	Length:	L = 2.10 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30				
		Lu = 1.85 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210				

X, m:	0.13	0.31	0.50	0.68	0.87	1.05	1.24	1.42	1.61	1.79	1.98
Mu(-), ton-m:	-0.18	-0.12	-0.06	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.06	-0.12	-0.18
Mu(+), ton-m:	0.13	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.31	0.31	0.28	0.24	0.20	0.16	0.20	0.24	0.28	0.31	0.31
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

C-1 36 #3 @ 5 C-2

BEAM: B(1-2) FLOOR: 2

=====											
	Length:	L = 2.10 m	a = 0.13 m	Section:	b = 25.0 cm	Sec:	V25X30				
		Lu = 1.85 m	c = 0.13 m		h = 30.0 cm	Mat:	210				

X, m:	0.13	0.31	0.50	0.68	0.87	1.05	1.24	1.42	1.61	1.79	1.98
Mu (-), ton-m:	-0.20	-0.12	-0.06	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.07	-0.12	-0.20
Mu (+), ton-m:	0.15	0.16	0.16	0.15	0.14	0.12	0.14	0.15	0.16	0.16	0.15
As (-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As (+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.41	0.41	0.37	0.32	0.26	0.21	0.26	0.32	0.37	0.41	0.41
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 36 #3 @ 5 B-2

BEAM: C(1-2) FLOOR: 2

=====

Length: L = 2.10 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25X30
Lu = 1.85 m c = 0.13 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.31	0.50	0.68	0.87	1.05	1.24	1.42	1.61	1.79	1.98
Mu(-), ton-m:	-0.20	-0.12	-0.07	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.07	-0.13	-0.20
Mu(+), ton-m:	0.15	0.15	0.16	0.15	0.13	0.12	0.13	0.15	0.16	0.15	0.15
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.40	0.40	0.37	0.31	0.26	0.21	0.26	0.31	0.37	0.40	0.40
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

C-1 36 #3 @ 5 C-2

BEAM: 1(B-C) FLOOR: 1

=====

Length: L = 1.78 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25X30
Lu = 1.53 m c = 0.13 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.28	0.43	0.58	0.74	0.89	1.04	1.20	1.35	1.50	1.66
Mu(-), ton-m:	-0.16	-0.11	-0.06	-0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.04	-0.08	-0.12	-0.17
Mu(+), ton-m:	0.14	0.13	0.12	0.10	0.08	0.06	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.32	0.32	0.31	0.27	0.24	0.21	0.24	0.27	0.30	0.32	0.32
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 30 #3 @ 5 C-1

BEAM: 2 (B-C) FLOOR: 1

=====

Length: L = 1.78 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25X30
Lu = 1.53 m c = 0.13 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.28	0.43	0.58	0.74	0.89	1.04	1.20	1.35	1.50	1.66
Mu(-), ton-m:	-0.16	-0.11	-0.06	-0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.04	-0.08	-0.12	-0.17
Mu(+), ton-m:	0.14	0.13	0.12	0.10	0.08	0.06	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.32	0.32	0.31	0.27	0.24	0.21	0.24	0.27	0.30	0.32	0.32
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-2 30 #3 @ 5 C-2

BEAM: 1 (B-C) FLOOR: 2

=====

Length: L = 1.81 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25X30
Lu = 1.56 m c = 0.13 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.28	0.44	0.59	0.75	0.90	1.06	1.22	1.37	1.53	1.68
Mu(-), ton-m:	-0.18	-0.12	-0.07	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.09	-0.14	-0.20
Mu(+), ton-m:	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.10	0.13	0.15	0.17	0.18
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.35	0.35	0.34	0.31	0.28	0.26	0.28	0.31	0.34	0.35	0.35
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 31 #3 @ 5 C-1

BEAM: 2 (B-C) FLOOR: 2

Length: L = 1.81 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25X30
Lu = 1.56 m c = 0.13 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.28	0.44	0.59	0.75	0.90	1.06	1.22	1.37	1.53	1.68
Mu(-), ton-m:	-0.18	-0.12	-0.07	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.09	-0.14	-0.20
Mu(+), ton-m:	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.10	0.13	0.15	0.17	0.18
As(-), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
As(+), cm2:	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Vu, ton:	0.35	0.35	0.34	0.31	0.28	0.26	0.28	0.31	0.34	0.35	0.35
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-2 31 #3 @ 5 C-2

4.10.4.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las columnas.

						TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
Column	Story	L	Lu	Sec	b x h	TIES	XTIES	Sec	LdCmb	Pu	Mu2	Mu3	RHO	As
		(m)	(m)	Mat	(cm)				critc	(ton)	(ton-m)	(ton-m)	-	(cm2)
C-2	1	3.43	3.21	1	25x25	8 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.25	0.06	0.03	0.0100	6.25
				1		12 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.25	0.05	0.03	0.0100	6.25

B-2	1	3.75	3.53	1	25x25	8 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.31	0.06	0.03	0.0100	6.25
				1		14 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.31	0.05	0.04	0.0100	6.25
C-1	1	3.43	3.21	1	25x25	8 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.25	0.06	0.03	0.0100	6.25
				1		12 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.25	0.05	0.03	0.0100	6.25
B-1	1	3.75	3.53	1	25x25	8 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.31	0.06	0.03	0.0100	6.25
				1		14 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.31	0.05	0.04	0.0100	6.25

Design Results - Beams (DMO)

4.10.5.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas.

Footing	Floor	Mat	B	L	h	Vu1/ØVc1	Dir	Reinforcem	As	Mu
			m	m	cm	Vu2/ØVc2	-		cm2	ton-m
C-2	1	1	1.00	1.00	30	0.03	B	5#4@21 cm	5.400	0.14
						0.04	L	5#4@21 cm	5.400	0.14
C-1	1	1	1.00	1.00	30	0.03	B	5#4@21 cm	5.400	0.14
						0.04	L	5#4@21 cm	5.400	0.14
B-2	1	1	1.00	1.00	30	0.03	B	5#4@21 cm	5.400	0.15
						0.04	L	5#4@21 cm	5.400	0.15
B-1	1	1	1.00	1.00	30	0.03	B	5#4@21 cm	5.400	0.15
						0.04	L	5#4@21 cm	5.400	0.15

4.11. DISEÑO DEL TANQUE DE AGUA CRUDA

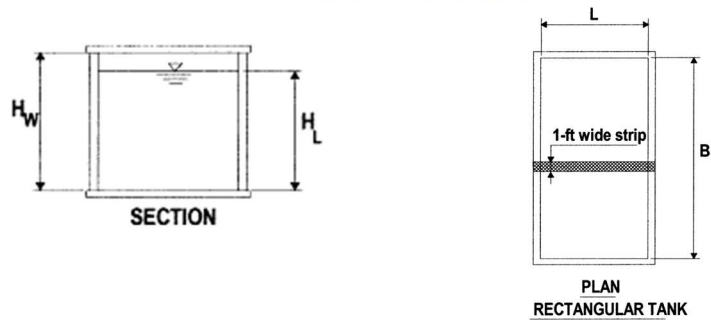
De acuerdo con el diseño hidráulico, el tanque de agua cruda contará con dos compartimientos y tendrá un volumen útil total aproximado de 40 m³. Su cimentación será superficial. Se tendrán muros y losa de fondo de 0.30 m.

Para el diseño del tanque se realizó el cálculo de fuerzas hidrodinámicas mediante hojas de cálculo.

4.11.1.FUERZAS HIDRODINÁMICAS SENTIDO LARGO

Se calculan las fuerzas hidrodinámicas, impulsivas y convectivas, para sismo en el sentido largo del tanque.

SISMO PARALELO AL LADO LARGO
TANQUE RECTANGULAR ACI 350.3-06



Resistencia del concreto f'_c =	28 MPa	
Lado paralelo a la fuerza B =	4.8 m	Grupo de uso
Lado perpendicular a la Fuerza L =	3.3 m	IV
Altura líquido H_L =	1.50 m	
Borde libre d_{max} =	0.75 m	$d_{max} = 0.75$ m
Altura de los muros H_w =	2.253 m	
espesor pared (t_w) =	0.30 m	
espesor tapa =	0.15 m	
Módulo de elasticidad del concreto E_c =	25399 MPa	
Factor de importancia I =	1.5	
A_a =	0.1	
A_v =	0.15	
F_v =	2.2	
F_a =	1.6	
TC =	0.99	
TL =	5.28	
Factor de modificación de respuesta R_i =	2	
Factor de modificación de respuesta R_c =	1	
Peso específico del concreto γ_c =	23.56 kN/m ³	
Peso específico del fluido γ_L =	9.81 kN/m ³	
Densidad del concreto ρ_c =	2.4 kN S ² /m ⁴	
Peso específico del fluido ρ_L =	1 kN S ² /m ⁴	
A_a =	0.1	
b =	0.07	4.1.4.1 ACI 350
y =	0 m	
Peso equivalente de un muro $W'w$ =	85.99 kN	

1. Peso de muros del tanque (W_w)

Peso propio muros W_w = 277.08 kN

2. Peso del techo (W_r)

Carga viva sobre el techo CV = 1.8 kN/m²
 Área techo = 21.06 m²
 Carga viva = 37.9 kN
 Peso propio = 74.43 kN
 W_r = 112.33 kN

3. Coeficiente de masa efectiva

$$\epsilon = 0.57 \quad \text{Ok} \quad 9-44 \text{ ACI 350}$$

4. Peso dinamico efectivo (We)

$$W_e = 268.90 \text{ kN}$$

5. Peso equivalente componente impulsiva

$$\begin{aligned} W_L &= 233.09 \text{ kN} \\ W_i/W_L &= 0.36 \\ W_i &= 83.45 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-1 \text{ ACI 350}$$

6. Peso equivalente componente convectiva

$$\begin{aligned} W_c/W_L &= 0.64 \\ W_c &= 148.92 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-2 \text{ ACI 350}$$

7. Frecuencia circular del modo impulsivo de vibracion

$$\begin{aligned} m_i &= 1.29 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m_w &= 1.62 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m &= 2.91 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ h &= 0.88 \text{ m} \\ k &= 254362.5 \text{ kN/m}^2 \\ \omega_i &= 295.596 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad 9-9 \text{ ACI 350}$$

8. Frecuencia circular de oscilación del primer modo

$$\begin{aligned} \lambda &= 4.84 \\ \omega_c &= 2.21 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &9-13 \text{ ACI 350} \\ &9-12 \text{ ACI 350} \end{aligned}$$

9. Periodo fundamental de oscilacion del tanque más la componente impulsiva del contenido

$$\begin{aligned} T_i &= 0.02 \text{ s} \\ T_s &= 1.01 \text{ s} \end{aligned} \quad 9-11 \text{ ACI 350}$$

10. Periodo natural del primer modo

$$T_c = 2.84 \text{ s} \quad 9-14 \text{ ACI 350}$$

9. Factores de amplificación espectrales

$$\begin{aligned} C_i &= 0.60 \\ C_c &= 0.31 \end{aligned} \quad 7.6.1 \text{ AIS 180-13}$$

10. Fuerzas laterales y cortante en la base

Fuerza de la aceleracion de los muros

$$P_w = 70.46 \text{ kN} \quad 4-1 \text{ ACI 350}$$

Fuerza de la aceleracion de un muro

$$P'_w = 21.87 \text{ kN} \quad 4-1a \text{ ACI 350}$$

Fuerza de la aceleracion de la tapa

$$P_r = 50.55 \text{ kN} \quad 4-2 \text{ ACI 350}$$

Fuerza impulsiva

$$P_i = 37.55 \text{ kN} \quad 4-3 \text{ ACI 350}$$

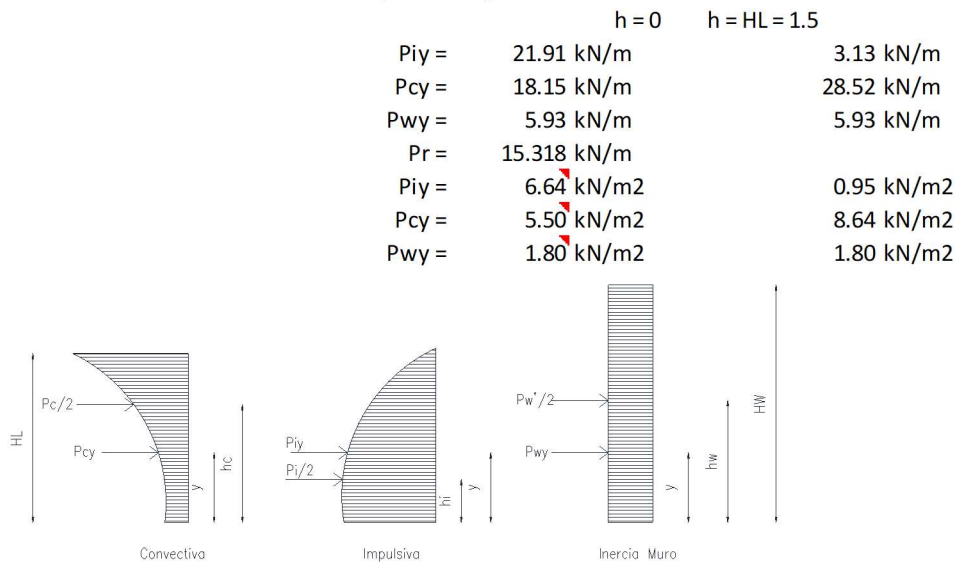
Fuerza convectiva

$$P_c = 70.01 \text{ kN} \quad 4-4 \text{ ACI 350}$$

Cortante total horizontal en la base

$$V = 173.33 \text{ kN} \quad 4-5 \text{ ACI 350}$$

Fuerzas dinámicas distribuidas en tanque rectangular 5.3.1 ACI 350



Combinación de las fuerzas dinámicas para un tanque rectangular

$C_v =$	1	
$C_t =$	0.08	7.2 AIS 180-13
$\ddot{u}_v =$	0.08	4-15 ACI 350
$q_{hy} =$	14.72 kN/m ²	0
resultante hidrodinámica vertical $p_{vy} =$	1.18 kN/m ²	0
$P_y =$	10.14 kN/m ²	9.07 kN/m ²

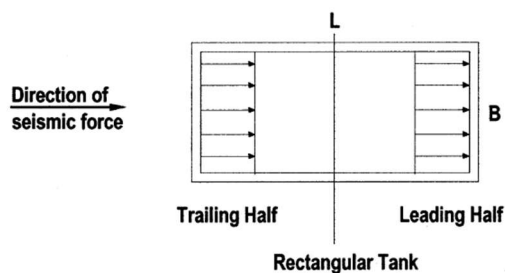
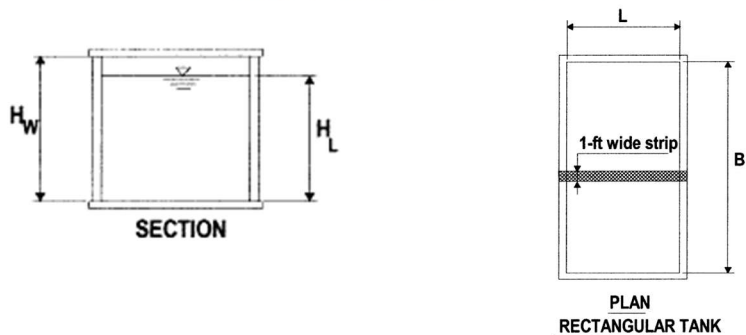


Fig. R5.2—Hydrodynamic pressure distribution in tank walls (adapted from References 3 and 13).

4.11.2.FUERZAS HIDRODINÁMICAS SENTIDO CORTO

Se calculan las fuerzas hidrodinámicas, impulsivas y convectivas, para sismo en el sentido corto del tanque.

**SISMO PARALELO AL LADO CORTO
TANQUE RECTANGULAR ACI 350.3-06**



Resistencia del concreto f'_c =	28 MPa	
Lado paralelo a la fuerza L =	3.3 m	Grupo de uso
Lado perpendicular a la fuerza B =	4.8 m	IV
Altura líquido HL=	1.50 m	
Borde libre d_{max} =	0.75 m	$d_{max} = 0.68$ m
Altura de los muros H_w =	2.25 m	
espesor pared (tw)=	0.30 m	
espesor tapa=	0.15 m	
Módulo de elasticidad del concreto E_c =	25399 MPa	
Factor de importancia I =	1.5	
A_a =	0.1	
A_v =	0.15	
F_v =	2.2	
F_a =	1.6	
TC =	0.99	
TL =	5.28	
Factor de modificación de respuesta R_i =	2	
Factor de modificación de respuesta R_c =	1	
Peso específico del concreto γ_c =	23.56 kN/m ³	
Peso específico del fluido γ_L =	9.81 kN/m ³	
Densidad del concreto ρ_c =	2.4 kN S ² /m ⁴	
Peso específico del fluido ρ_L =	1 kN S ² /m ⁴	
A_a =	0.1	
b =	0.07	4.1.4.1 ACI 350
y =	0 m	
Peso equivalente de un muro $W'w$ =	61.98 kN	

1. Peso de muros del tanque (W_w)

Peso propio muros W_w = 276.71 kN

2. Peso del techo (W_r)

Carga viva sobre el techo CV = 1.8 kN/m²
 Área techo = 21.06 m²
 Carga viva = 37.908 kN
 Peso propio = 74.43 kN
 W_r = 112.33 kN

3. Coeficiente de masa efectiva

$$\epsilon = 0.67 \quad \text{Ok} \quad 9-44 \text{ ACI } 350$$

4. Peso dinamico efectivo (We)

$$W_e = 298.93 \text{ kN}$$

5. Peso equivalente componente impulsiva

$$\begin{aligned} W_L &= 233.09 \text{ kN} \\ W_i/W_L &= 0.50 \\ W_i &= 117.04 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-1 \text{ ACI } 350$$

6. Peso equivalente componente convectiva

$$\begin{aligned} W_c/W_L &= 0.52 \\ W_c &= 120.89 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-2 \text{ ACI } 350$$

7. Frecuencia circular del modo impulsivo de vibracion

$$\begin{aligned} m_i &= 1.24 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m_w &= 1.62 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m &= 2.86 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ h &= 0.88 \text{ m} \\ k &= 250888.94 \text{ kN/m}^2 \\ \omega_i &= 296.036 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad 9-9 \text{ ACI } 350$$

8. Frecuencia circular de oscilación del primer modo

$$\begin{aligned} \lambda &= 5.26 \\ \omega_c &= 2.90 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &9-13 \text{ ACI } 350 \\ &9-12 \text{ ACI } 350 \end{aligned}$$

9. Periodo fundamental de oscilacion del tanque mas la componente impulsiva del contenido

$$\begin{aligned} T_i &= 0.02 \text{ s} \\ T_s &= 1.01 \text{ s} \end{aligned} \quad 9-11 \text{ ACI } 350$$

10. Periodo natural del primer modo

$$T_c = 2.17 \text{ s} \quad 9-14 \text{ ACI } 350$$

9. Factores de amplificación espectrales

$$\begin{aligned} C_i &= 0.600 \\ C_c &= 0.411 \end{aligned} \quad 7.6.1 \text{ AIS } 180-13$$

10. Fuerzas laterales y cortante en la base

Fuerza de la aceleracion de los muros

$$P_w = 83.97 \text{ kN} \quad 4-1 \text{ ACI } 350$$

Fuerza de la aceleracion de un muro

$$P'_w = 18.81 \text{ kN} \quad 4-1a \text{ ACI } 350$$

Fuerza de la aceleracion de la tapa

$$P_r = 50.55 \text{ kN} \quad 4-2 \text{ ACI } 350$$

Fuerza impulsiva

$$P_i = 52.67 \text{ kN} \quad 4-3 \text{ ACI } 350$$

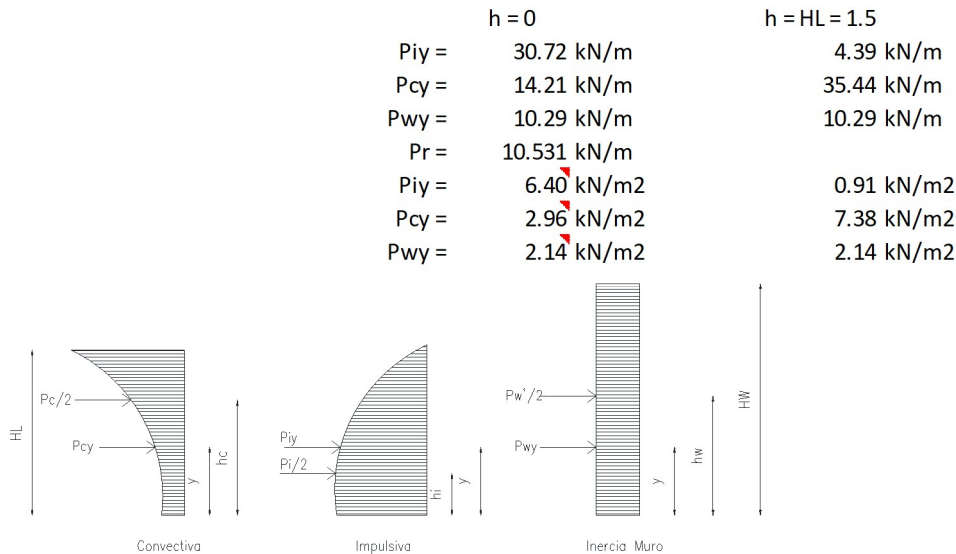
Fuerza convectiva

$$P_c = 74.47 \text{ kN} \quad 4-4 \text{ ACI } 350$$

Cortante total horizontal en la base

$$V = 201.46 \text{ kN} \quad 4-5 \text{ ACI } 350$$

Fuerzas dinámicas distribuidas en tanque rectangular 5.3.1 ACI 350



Combinación de las fuerzas dinámicas para un tanque rectangular

$C_v =$	1	
$C_t =$	0.08	7.2 AIS 180-13
$\ddot{u} =$	0.08	4-15 ACI 350
$q_{hy} =$	14.72 kN/m ²	0
resultante hidrodinámica vertical $p_{vy} =$	1.18 kN/m ²	0
$P_y =$	9.12 kN/m ²	7.99 kN/m ²

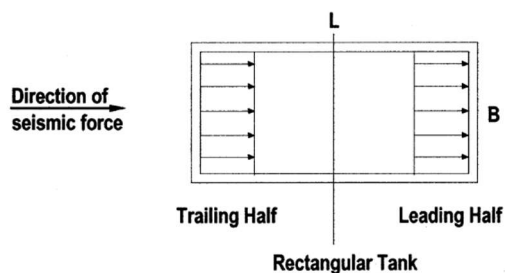


Fig. R5.2—Hydrodynamic pressure distribution in tank walls (adapted from References 3 and 13).

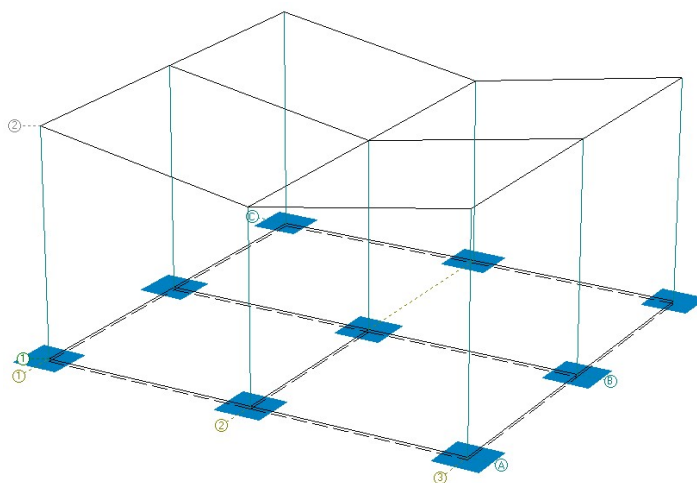
4.12. DISEÑO ESTRUCTURAL DE ENRAMADA

De acuerdo con el diseño del proyecto, para cada uno de los tanques comunitarios, se proyecta una estructura de cubierta de un piso, la cual tendrá un área en planta de 100 m².

La estructura será de pórticos en concreto reforzado cuya cimentación, de acuerdo con el estudio de suelos, será de tipo superficial con zapatas aisladas, las cuales se vincularán mediante

vigas de amarre. La cubierta será liviana apoyada en correas metálicas en perfiles de lámina delgada, apoyados en las vigas de concreto.

Figura 26 Modelo tridimensional estructura de cubierta enramada



Fuente: WSP, 2018.

4.12.1.RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.12.1.1. ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{maxPmin} = R_z/A (1 \pm eb/S3 \pm el/S2)$

Self weight of footing: $0.10 R_z (D0 + DL + LL)$

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
C-3	1	2.53	1.14	2.57	1.06	0.13	0.05
C-2	1	3.52	1.76	3.70	1.44	0.19	0.07
C-1	1	2.53	1.14	2.57	1.06	0.13	0.05
A-3	1	2.54	1.12	2.57	1.03	0.13	0.05
B-3	1	3.72	1.80	3.84	1.60	0.19	0.08

B-2	1	4.87	2.10	4.90	2.03	0.25	0.10
A-2	1	3.87	1.69	4.01	1.44	0.20	0.07
B-1	1	3.72	1.80	3.84	1.60	0.19	0.08
A-1	1	2.54	1.12	2.57	1.03	0.13	0.05

4.12.2.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y las solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las vigas.

BEAM: A(1-2) FLOOR: 1

=====													
	Length:	L	=	4.71 m	a	=	0.13 m	Section:	b	=	25.0 cm	Sec:	V25x25
		Lu	=	4.46 m	c	=	0.13 m		h	=	25.0 cm	Mat:	210

X, m:	0.13	0.57	1.02	1.46	1.91	2.36	2.80	3.25	3.69	4.14	4.59		
Mu(-), ton-m:	-0.47	-0.28	-0.12	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.19	-0.37	-0.59		
Mu(+), ton-m:	0.23	0.22	0.23	0.23	0.21	0.18	0.18	0.16	0.13	0.09	0.04		
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59		
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59		
Vu, ton:	0.46	0.41	0.32	0.24	0.16	0.15	0.22	0.29	0.37	0.46	0.51		
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3		
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75		

DESIGN

A-1	15 #3 @ 3.75	44 #3 @ 7.5	15 #3 @ 3.75	A-2
-----	--------------	-------------	--------------	-----

BEAM: A(2-3) FLOOR: 1

=====													
	Length:	L	=	4.71 m	a	=	0.13 m	Section:	b	=	25.0 cm	Sec:	V25x25
		Lu	=	4.46 m	c	=	0.13 m		h	=	25.0 cm	Mat:	210

X, m:	0.13	0.57	1.02	1.46	1.91	2.36	2.80	3.25	3.69	4.14	4.59		
Mu(-), ton-m:	-0.59	-0.37	-0.19	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.12	-0.28	-0.47		
Mu(+), ton-m:	0.04	0.09	0.13	0.16	0.18	0.18	0.21	0.23	0.23	0.22	0.23		
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59		
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59		
Vu, ton:	0.51	0.46	0.37	0.29	0.22	0.15	0.16	0.24	0.32	0.41	0.45		

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-2 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 A-3

BEAM: B(1-2) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.71 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.46 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.57	1.02	1.46	1.91	2.36	2.80	3.25	3.69	4.14	4.59
Mu(-), ton-m:	-0.46	-0.26	-0.11	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.17	-0.35	-0.56
Mu(+), ton-m:	0.20	0.20	0.21	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.11	0.07	0.02
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.45	0.40	0.31	0.23	0.15	0.14	0.21	0.28	0.36	0.45	0.50
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-1 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-2

BEAM: B(2-3) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.71 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.46 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.57	1.02	1.46	1.91	2.36	2.80	3.25	3.69	4.14	4.59
Mu(-), ton-m:	-0.56	-0.35	-0.17	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.11	-0.26	-0.46
Mu(+), ton-m:	0.02	0.07	0.11	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.21	0.20	0.20
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.50	0.45	0.36	0.28	0.20	0.14	0.15	0.23	0.31	0.40	0.45

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-2 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-3

BEAM: C(1-2) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.71 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.46 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.57	1.02	1.46	1.91	2.36	2.80	3.25	3.69	4.14	4.59
Mu(-), ton-m:	-0.47	-0.28	-0.12	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.19	-0.37	-0.59
Mu(+), ton-m:	0.23	0.22	0.23	0.23	0.21	0.18	0.18	0.16	0.13	0.09	0.04
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.46	0.41	0.32	0.24	0.16	0.15	0.22	0.29	0.37	0.46	0.51
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

C-1 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-2

BEAM: C(2-3) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.71 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.46 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.57	1.02	1.46	1.91	2.36	2.80	3.25	3.69	4.14	4.59
Mu(-), ton-m:	-0.59	-0.37	-0.19	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.12	-0.28	-0.47
Mu(+), ton-m:	0.04	0.09	0.13	0.16	0.18	0.18	0.21	0.23	0.23	0.22	0.23
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.51	0.46	0.37	0.29	0.22	0.15	0.16	0.24	0.32	0.41	0.45

Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

C-2 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-3

BEAM: A(1-2) FLOOR: 2

=====

Length: L = 4.77 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.52 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.58	1.03	1.48	1.93	2.38	2.84	3.29	3.74	4.19	4.64
Mu(-), ton-m:	-0.52	-0.29	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.25	-0.51	-0.82
Mu(+), ton-m:	0.23	0.28	0.35	0.38	0.40	0.39	0.30	0.20	0.16	0.16	0.27
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.73	0.66	0.54	0.41	0.29	0.35	0.48	0.60	0.73	0.85	0.92
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-1 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 A-2

BEAM: A(2-3) FLOOR: 2

=====

Length: L = 4.77 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.52 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.58	1.03	1.48	1.93	2.38	2.84	3.29	3.74	4.19	4.64
Mu(-), ton-m:	-0.82	-0.51	-0.25	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.29	-0.52
Mu(+), ton-m:	0.27	0.16	0.16	0.20	0.30	0.39	0.40	0.38	0.35	0.28	0.23
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.92	0.85	0.73	0.60	0.48	0.35	0.29	0.41	0.54	0.66	0.73

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-2 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 A-3

BEAM: B(1-2) FLOOR: 2

=====

Length: L = 4.77 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.52 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.58	1.03	1.48	1.93	2.38	2.84	3.29	3.74	4.19	4.64
Mu(-), ton-m:	-0.53	-0.27	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.25	-0.64	-1.20
Mu(+), ton-m:	0.24	0.27	0.38	0.52	0.61	0.59	0.44	0.24	0.24	0.24	0.40
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.74
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.99	0.90	0.72	0.53	0.38	0.45	0.65	0.82	0.99	1.16	1.28
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-1 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-2

BEAM: B(2-3) FLOOR: 2

=====

Length: L = 4.77 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.52 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.58	1.03	1.48	1.93	2.38	2.84	3.29	3.74	4.19	4.64
Mu(-), ton-m:	-1.20	-0.64	-0.25	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.27	-0.53
Mu(+), ton-m:	0.40	0.24	0.24	0.24	0.44	0.59	0.61	0.52	0.38	0.27	0.24
As(-), cm2:	1.74	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	1.28	1.16	0.99	0.82	0.65	0.45	0.38	0.53	0.72	0.90	0.99

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-2 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-3

BEAM: C(1-2) FLOOR: 2

Length: L = 4.77 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.52 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.58	1.03	1.48	1.93	2.38	2.84	3.29	3.74	4.19	4.64
Mu(-), ton-m:	-0.52	-0.29	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.25	-0.51	-0.82
Mu(+), ton-m:	0.23	0.28	0.35	0.38	0.40	0.39	0.30	0.20	0.16	0.16	0.27
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.73	0.66	0.54	0.41	0.29	0.35	0.48	0.60	0.73	0.85	0.92
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

C-1 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-2

BEAM: C(2-3) FLOOR: 2

Length: L = 4.77 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.52 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.58	1.03	1.48	1.93	2.38	2.84	3.29	3.74	4.19	4.64
Mu(-), ton-m:	-0.82	-0.51	-0.25	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.29	-0.52
Mu(+), ton-m:	0.27	0.16	0.16	0.20	0.30	0.39	0.40	0.38	0.35	0.28	0.23
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.92	0.85	0.73	0.60	0.48	0.35	0.29	0.41	0.54	0.66	0.73

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

C-2 15 #3 @ 3.75 44 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-3

BEAM: 1 (A-B) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.48	-0.29	-0.15	-0.04	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.18	-0.35	-0.55
Mu(+), ton-m:	0.29	0.26	0.26	0.24	0.21	0.17	0.16	0.15	0.12	0.09	0.04
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.47	0.42	0.33	0.25	0.17	0.17	0.23	0.30	0.37	0.44	0.49
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-1 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-1

BEAM: 1 (B-C) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.55	-0.35	-0.18	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.15	-0.30	-0.49
Mu(+), ton-m:	0.04	0.09	0.12	0.15	0.16	0.17	0.21	0.24	0.26	0.27	0.29
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.49	0.45	0.37	0.29	0.23	0.17	0.17	0.25	0.33	0.42	0.47

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-1 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-1

BEAM: 2 (A-B) FLOOR: 1

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.58	-0.38	-0.21	-0.08	0.00	0.00	0.00	-0.08	-0.21	-0.38	-0.58
Mu(+), ton-m:	0.38	0.33	0.31	0.27	0.23	0.19	0.23	0.28	0.32	0.35	0.41
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.50	0.46	0.38	0.31	0.25	0.20	0.25	0.31	0.38	0.46	0.50
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-2 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-2

BEAM: 3 (A-B) FLOOR: 1

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.48	-0.29	-0.15	-0.04	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.18	-0.35	-0.55
Mu(+), ton-m:	0.29	0.26	0.26	0.24	0.21	0.17	0.16	0.15	0.12	0.09	0.04
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.47	0.42	0.33	0.25	0.17	0.17	0.23	0.30	0.37	0.44	0.49

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-3 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-3

BEAM: 3 (B-C) FLOOR: 1

=====

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.55	-0.35	-0.18	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.15	-0.30	-0.49
Mu(+), ton-m:	0.04	0.09	0.12	0.15	0.16	0.17	0.21	0.24	0.26	0.27	0.29
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.49	0.45	0.37	0.29	0.23	0.17	0.17	0.25	0.33	0.42	0.47
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-3 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-3

BEAM: 1 (A-B) FLOOR: 2

=====

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25

Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.51	-0.32	-0.18	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.20	-0.40	-0.63
Mu(+), ton-m:	0.28	0.31	0.33	0.33	0.29	0.22	0.16	0.15	0.13	0.13	0.21
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.52	0.48	0.40	0.33	0.26	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.62

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-1 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-1

BEAM: 1 (B-C) FLOOR: 2

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.63	-0.40	-0.20	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.18	-0.32	-0.51
Mu(+), ton-m:	0.21	0.13	0.13	0.15	0.16	0.22	0.29	0.33	0.33	0.31	0.28
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.62	0.58	0.50	0.43	0.36	0.29	0.26	0.33	0.40	0.48	0.52
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-1 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-1

BEAM: 2 (A-B) FLOOR: 2

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.59	-0.38	-0.21	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.23	-0.43	-0.65
Mu(+), ton-m:	0.22	0.24	0.26	0.26	0.23	0.17	0.18	0.19	0.18	0.16	0.22
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.53	0.49	0.42	0.35	0.28	0.25	0.32	0.39	0.47	0.54	0.58

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-2 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-2

BEAM: 2 (B-C) FLOOR: 2

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.61	-0.40	-0.21	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.16	-0.32	-0.52
Mu(+), ton-m:	0.20	0.14	0.17	0.19	0.19	0.18	0.21	0.23	0.22	0.19	0.17
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.56	0.52	0.44	0.37	0.30	0.23	0.26	0.33	0.40	0.47	0.51
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-2 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-2

BEAM: 3 (A-B) FLOOR: 2

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.51	-0.32	-0.18	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.20	-0.40	-0.63
Mu(+), ton-m:	0.28	0.31	0.33	0.33	0.29	0.22	0.16	0.15	0.13	0.13	0.21
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.52	0.48	0.40	0.33	0.26	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.62

Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

A-3 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 B-3

BEAM: 3(B-C) FLOOR: 2

Length: L = 4.50 m a = 0.13 m Section: b = 25.0 cm Sec: V25x25
Lu = 4.25 m c = 0.13 m h = 25.0 cm Mat: 210

X, m:	0.13	0.55	0.98	1.40	1.83	2.25	2.68	3.10	3.53	3.95	4.38
Mu(-), ton-m:	-0.63	-0.40	-0.20	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.18	-0.32	-0.51
Mu(+), ton-m:	0.21	0.13	0.13	0.15	0.16	0.22	0.29	0.33	0.33	0.31	0.28
As(-), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
As(+), cm2:	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Vu, ton:	0.62	0.58	0.50	0.43	0.36	0.29	0.26	0.33	0.40	0.48	0.52
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	3.75	3.75	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	3.75	3.75

DESIGN

B-3 15 #3 @ 3.75 41 #3 @ 7.5 15 #3 @ 3.75 C-3

4.12.3.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las columnas.

						TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
Column	Story	L	Lu	Sec	bxh	TIES	XTIES	Sec	LdCmb	Pu	Mu2	Mu3	RHO	As
		(m)	(m)	Mat	(cm)				critc	(ton)	(ton-m)	(ton-m)	-	(cm2)
C-3	1	5.80	5.63	1	25x25	13 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.02	0.21	0.18	0.0100	6.25
				2		23 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.02	0.18	0.16	0.0100	6.25

B-3	1	5.80	5.63	1	25x25	13 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.68	0.21	0.06	0.0100	6.25
	2					23 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.68	0.18	0.06	0.0100	6.25
A-3	1	5.80	5.63	1	25x25	13 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.02	0.21	0.18	0.0100	6.25
	2					23 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.02	0.18	0.16	0.0100	6.25
C-2	1	5.05	4.88	1	25x25	11 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.63	0.06	0.06	0.0100	6.25
	2					20 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.63	0.06	0.06	0.0100	6.25
B-2	1	5.05	4.88	1	25x25	11 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	3.20	0.07	0.07	0.0100	6.25
	2					20 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	3.20	0.07	0.13	0.0100	6.25
A-2	1	5.05	4.88	1	25x25	11 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.63	0.06	0.12	0.0100	6.25
	2					20 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.63	0.06	0.15	0.0100	6.25
C-1	1	5.80	5.63	1	25x25	13 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.02	0.21	0.18	0.0100	6.25
	2					23 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.02	0.18	0.16	0.0100	6.25
B-1	1	5.80	5.63	1	25x25	13 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.68	0.21	0.06	0.0100	6.25
	2					23 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.68	0.18	0.06	0.0100	6.25
A-1	1	5.80	5.63	1	25x25	13 #3 @ 8 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.02	0.21	0.18	0.0100	6.25
	2					23 #3 @ 16 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.02	0.18	0.16	0.0100	6.25

4.12.4.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas, de acuerdo con fuerzas cortantes y momentos máximos.

Footing	Floor	Mat	B	L	h	Vu1/ØVc1	Dir	Reinforcem	As	Mu
			m	m	cm	Vu2/ØVc2	-		cm2	ton-m
C-3	1	2	1.00	1.00	30	0.05	B	5#4@21 cm	5.400	0.21
						0.06	L	5#4@21 cm	5.400	0.21
C-2	1	2	1.00	1.00	30	0.06	B	5#4@21 cm	5.400	0.29
						0.08	L	5#4@21 cm	5.400	0.29
C-1	1	2	1.00	1.00	30	0.04	B	5#4@21 cm	5.400	0.21
						0.06	L	5#4@21 cm	5.400	0.21

A-3	1	2	1.00	1.00	30	0.05	B	5#4@21 cm	5.400	0.21
						0.06	L	5#4@21 cm		0.21
B-3	1	2	1.00	1.00	30	0.06	B	5#4@21 cm	5.400	0.29
						0.08	L	5#4@21 cm		0.30
B-2	1	2	1.00	1.00	30	0.09	B	5#4@21 cm	5.400	0.41
						0.11	L	5#4@21 cm		0.41
A-2	1	2	1.00	1.00	30	0.07	B	5#4@21 cm	5.400	0.31
						0.08	L	5#4@21 cm		0.31
B-1	1	2	1.00	1.00	30	0.06	B	5#4@21 cm	5.400	0.29
						0.08	L	5#4@21 cm		0.30
A-1	1	2	1.00	1.00	30	0.05	B	5#4@21 cm	5.400	0.22
						0.06	L	5#4@21 cm		0.21

4.12.5.DISEÑO DE CORREAS DE LA CUBIERTA

Las correas de la estructura de la cubierta se diseñan para soportar las cargas muertas, vivas y las de viento. En este caso, la presión de viento se calculó como 40 kgf/m² y la succión como 40 kgf/m². El diseño de las correas se realiza con el programa de Acesco, Arquimet 2.0, el cual cuenta con los ábacos de diseños de los perfiles en lámina delgadas cargados y compara las solicitaciones con la resistencia de los perfiles.

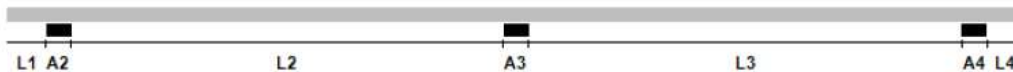
A continuación, se presenta el diseño en el programa de Acesco.

REPORTE DE CORREAS

PHR Cajón 160 x 60 x 20 (1.20 mm)
con $F_y = 35.15 \text{ Kg/mm}^2$ cada 1.50 m sin arriostramiento interior.

SECCION LONGITUDINAL

NOTA: El voladizo se debe arriostrar.



L1	0.38 m
L2	4.25 m
L3	4.25 m
L4	0.38 m
A1	0.00 m
A2	0.25 m
A3	0.25 m
A4	0.25 m
A5	0.00 m

CONFIGURACION	
TIPO DE CARGA	DISTRIBUIDA
Carga muerta	0.25 KN/m ²
Peso propio correa	0.06 KN/m
Carga viva	0.50 KN/m ²
Carga granizo	0.00 KN/m ²
Viento compresión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Viento succión (Perpendicular)	0.38 KN/m ²
Pendiente sección transversal	9.5° = 16.7340%

REPORTES DE DISEÑO

REPORTE FLEXION				
	Apoyos		Interiores	
Ejes locales	3	2	3	2
Resistente (KN.m)	10.5685	4.8525	10.5685	4.8525
Calculado (KN.m)	4.9205	0.6163	4.9205	0.6163

REPORTE CORTANTE		
Ejes locales	2	3
Resistente (KN)	21.8399	44.8965
Calculado (KN)	5.4926	0.7980

REPORTE DEFLEXION		
Deflexiones máximas	Instantanea	Permanente
Admisible (m)	0.0167	0.0000
Calculado (m)	0.0026	0.0000

COMBINACIONES DE CARGA					
No	Muerta	Viva	Granizo	Viento compresión	Viento succión
1	1.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000
3	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000
4	1.2000	1.6000	0.0000	0.5000	0.0000
5	1.2000	0.0000	1.6000	0.5000	0.0000
6	1.2000	1.6000	0.0000	0.0000	0.5000
7	1.2000	0.0000	1.6000	0.0000	0.5000
8	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	1.0000
9	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	1.0000
10	1.2000	0.5000	0.0000	1.0000	0.0000
11	1.2000	0.0000	0.5000	1.0000	0.0000
12	0.9000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
13	0.9000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

REACCIONES - EJES GLOBALES (KN-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	0.0046	0.9650
Viva de Cub.	0.0080	1.6776
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-0.2213	1.3226
Viento Succion	0.2103	-1.2565
Comb. 1	0.0064	1.3509
Comb. 2	0.0095	1.9968
Comb. 3	0.0055	1.1580
Comb. 4	-0.0924	4.5034
Comb. 5	-0.1052	1.8193
Comb. 6	-0.0869	4.4703
Comb. 7	-0.0996	1.7862
Comb. 8	-0.2008	3.2532
Comb. 9	-0.2048	2.4144
Comb. 10	-0.2119	3.3194
Comb. 11	-0.2158	2.4806
Comb. 12	-0.2061	2.1250
Comb. 13	-0.2172	2.1911

APOYO 2		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	-0.0275	2.3854
Viva de Cub.	-0.0478	4.1470
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-0.5486	3.2784
Viento Succion	0.5212	-3.1145
Comb. 1	-0.0385	3.3395
Comb. 2	-0.0569	4.9360
Comb. 3	-0.0330	2.8625
Comb. 4	-0.3838	11.1369
Comb. 5	-0.3073	4.5017
Comb. 6	-0.3700	11.0549
Comb. 7	-0.2936	4.4197
Comb. 8	-0.5781	8.0504
Comb. 9	-0.5542	5.9769
Comb. 10	-0.6055	8.2144
Comb. 11	-0.5816	6.1409
Comb. 12	-0.5459	5.2613
Comb. 13	-0.5734	5.4253

APOYO 3		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	0.1862	0.9954
Viva de Cub.	0.3237	1.7304
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-0.2213	1.3226
Viento Succion	0.2103	-1.2565
Comb. 1	0.2607	1.3935
Comb. 2	0.3853	2.0596
Comb. 3	0.2234	1.1944
Comb. 4	0.6307	4.6244
Comb. 5	0.1128	1.8557
Comb. 6	0.6362	4.5913
Comb. 7	0.1183	1.8227
Comb. 8	0.1750	3.3161
Comb. 9	0.0132	2.4509
Comb. 10	0.1640	3.3822
Comb. 11	0.0021	2.5170
Comb. 12	-0.0427	2.1523
Comb. 13	-0.0537	2.2184

FUERZAS INTERNAS - EJES LOCALES (KN-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	0.1638	0.9510	0.0091	-0.0543
Viva de Cub.	0.2847	1.6533	0.0158	-0.0943
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	1.3410	0.0000	-0.0765
Viento Succion	0.0000	1.2740	0.0000	-0.0727
Comb. 1	0.2293	1.3314	0.0127	-0.0760
Comb. 2	0.3389	1.9678	0.0188	-0.1123
Comb. 3	0.1965	1.1412	0.0109	-0.0651
Comb. 4	0.6521	4.4569	0.0362	-0.2543
Comb. 5	0.1965	1.8117	0.0109	-0.1034
Comb. 6	0.6521	4.4234	0.0362	-0.2524
Comb. 7	0.1965	1.7781	0.0109	-0.1015
Comb. 8	0.3389	3.2418	0.0188	-0.1850
Comb. 9	0.1965	2.4151	0.0109	-0.1378
Comb. 10	0.3389	3.3088	0.0188	-0.1888
Comb. 11	0.1965	2.4822	0.0109	-0.1416
Comb. 12	0.1474	2.1298	0.0082	-0.1215
Comb. 13	0.1474	2.1969	0.0082	-0.1253

APOYO 2				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	0.3666	2.3572	0.1548	-1.0499
Viva de Cub.	0.6373	4.0980	0.2691	-1.8252
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	3.3240	0.0000	-1.4805
Viento Succion	0.0000	3.1578	0.0000	-1.4065
Comb. 1	0.5132	3.3001	0.2167	-1.4698
Comb. 2	0.7586	4.8777	0.3203	-2.1725
Comb. 3	0.4399	2.8286	0.1857	-1.2589
Comb. 4	1.4596	11.0475	0.6163	-4.9205
Comb. 5	0.4399	4.4906	0.1857	-2.0001
Comb. 6	1.4596	10.9644	0.6163	-4.8835
Comb. 7	0.4399	4.4075	0.1857	-1.9631
Comb. 8	0.7586	8.0354	0.3203	-3.5790
Comb. 9	0.4399	5.9864	0.1857	-2.6663
Comb. 10	0.7586	8.2016	0.3203	-3.6530
Comb. 11	0.4399	6.1526	0.1857	-2.7404
Comb. 12	0.3299	5.2793	0.1393	-2.3514
Comb. 13	0.3299	5.4455	0.1393	-2.4254

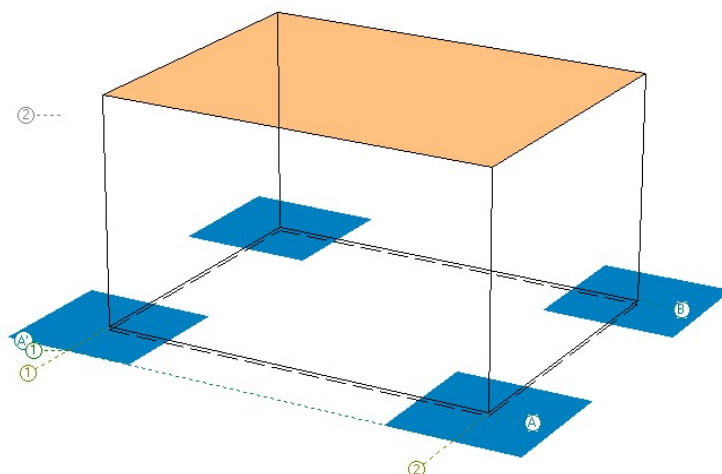
APOYO 3				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	0.3479	0.9510	0.0927	-0.0543
Viva de Cub.	0.6049	1.6533	0.1611	-0.0943
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	1.3410	0.0000	-0.0765
Viento Succion	0.0000	1.2739	0.0000	-0.0727
Comb. 1	0.4871	1.3314	0.1298	-0.0760
Comb. 2	0.7200	1.9678	0.1918	-0.1123
Comb. 3	0.4175	1.1412	0.1112	-0.0651
Comb. 4	1.3853	4.4569	0.3691	-0.2543
Comb. 5	0.4175	1.8117	0.1112	-0.1034
Comb. 6	1.3853	4.4234	0.3691	-0.2524
Comb. 7	0.4175	1.7781	0.1112	-0.1014
Comb. 8	0.7200	3.2417	0.1918	-0.1850
Comb. 9	0.4175	2.4151	0.1112	-0.1378
Comb. 10	0.7200	3.3088	0.1918	-0.1888
Comb. 11	0.4175	2.4822	0.1112	-0.1416
Comb. 12	0.3131	2.1298	0.0834	-0.1215
Comb. 13	0.3131	2.1969	0.0834	-0.1253

4.13. DISEÑO ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL TANQUE COMUNITARIO

De acuerdo con el diseño hidráulico, los tanques comunitarios serán de polietileno y tendrán una capacidad de 5000 o 10 000 litros. Estos tanques se deberán instalar elevados, por lo que es necesario construir una estructura para su ubicación.

La estructura de soporte de los tanques consistirá en una losa maciza en concreto reforzado de 0.20 m de espesor, soportada en columnas de sección cuadrada de 0.30 m de lado. La losa estará a una altura de 1.0 m sobre el terreno, Esta estructura se cimentará mediante zapatas con un nivel de desplante de -1.0 m medido a partir de la cota de terreno existente.

Figura 27 Modelo tridimensional tanque comunitario



Fuente: WSP, 2018.

Para el análisis de la estructura se elaboró un modelo tridimensional, mediante el software EngSolutions RCB, basado en la geometría y en las propiedades de los materiales referidos en el numeral 4.4. A este modelo se le asignaron las cargas muertas, vivas y de sismo aplicables.

4.13.1.RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.13.1.1.ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{maxPmin} = R_z/A (1 \pm e_b/S_3 \pm e_l/S_2)$

Self weight of footing: 0.10 $R_z (D_0 + DL + LL)$

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
A-2	1	5.03	1.31	5.05	1.16	0.29	0.07
B-2	1	5.03	1.31	5.05	1.29	0.29	0.07
B-1	1	5.03	1.32	5.05	1.28	0.29	0.07
A-1	1	5.03	1.32	5.05	1.18	0.29	0.07

4.13.2.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las vigas.

BEAM: A(1-2) FLOOR: 1

=====																					
Length:	L	=	3.00	m	a	=	0.15	m	Section:	b	=	30.0	cm	Sec:	V30x30						
	Lu	=	2.70	m	c	=	0.15	m		h	=	30.0	cm	Mat:	210						

X, m:	0.15	0.42	0.69	0.96	1.23	1.50	1.77	2.04	2.31	2.58	2.85										
Mu (-), ton-m:	-0.55	-0.40	-0.26	-0.14	-0.06	-0.04	-0.06	-0.14	-0.26	-0.40	-0.55										

Mu(+), ton-m:	0.22	0.22	0.20	0.16	0.12	0.09	0.12	0.16	0.20	0.22	0.22
As(-), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
As(+), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
Vu, ton:	0.56	0.55	0.47	0.40	0.33	0.25	0.33	0.40	0.47	0.55	0.56
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1 13 #3 @ 5 13 #3 @ 10 13 #3 @ 5 A-2

BEAM: B(1-2) FLOOR: 1

=====

Length: L = 3.00 m a = 0.15 m Section: b = 30.0 cm Sec: V30x30
Lu = 2.70 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.15	0.42	0.69	0.96	1.23	1.50	1.77	2.04	2.31	2.58	2.85
Mu(-), ton-m:	-0.55	-0.40	-0.26	-0.14	-0.06	-0.04	-0.06	-0.14	-0.26	-0.40	-0.55
Mu(+), ton-m:	0.22	0.22	0.20	0.16	0.12	0.09	0.12	0.16	0.20	0.22	0.22
As(-), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
As(+), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
Vu, ton:	0.56	0.55	0.47	0.40	0.33	0.25	0.33	0.40	0.47	0.55	0.56
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

B-1 13 #3 @ 5 13 #3 @ 10 13 #3 @ 5 B-2

BEAM: 1 (A-B) FLOOR: 1

=====

Length: L = 2.30 m a = 0.15 m Section: b = 30.0 cm Sec: V30x30

Lu = 2.00 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.15	0.35	0.55	0.75	0.95	1.15	1.35	1.55	1.75	1.95	2.15
Mu(-), ton-m:	-0.44	-0.33	-0.22	-0.12	-0.05	-0.01	-0.05	-0.12	-0.22	-0.33	-0.44
Mu(+), ton-m:	0.29	0.25	0.21	0.16	0.11	0.06	0.11	0.16	0.21	0.25	0.29
As(-), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
As(+), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
Vu, ton:	0.54	0.54	0.50	0.45	0.40	0.34	0.40	0.45	0.50	0.54	0.54
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

A-1

39 #3 @ 5

B-1

BEAM: 2 (A-B) FLOOR: 1

=====

Length: L = 2.30 m a = 0.15 m Section: b = 30.0 cm Sec: V30x30

Lu = 2.00 m c = 0.15 m h = 30.0 cm Mat: 210

X, m:	0.15	0.35	0.55	0.75	0.95	1.15	1.35	1.55	1.75	1.95	2.15
Mu(-), ton-m:	-0.44	-0.33	-0.22	-0.12	-0.05	-0.01	-0.05	-0.12	-0.22	-0.33	-0.44
Mu(+), ton-m:	0.29	0.25	0.21	0.16	0.11	0.06	0.11	0.16	0.21	0.25	0.29
As(-), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
As(+), cm2:	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41

Vu, ton:	0.54	0.54	0.50	0.45	0.40	0.34	0.40	0.45	0.50	0.54	0.54
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	5.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00

DESIGN

A-2

39 #3 @ 5

B-2

4.13.3.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para las columnas.

Design Results - Columns (DMO)

Column	Story	L (m)	Lu (m)	Sec Mat	bxh (cm)	TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
						TIES	XTIES	Sec	LdCmb	Pu	Mu2	Mu3	RHO	As
									critc	(ton)	(ton-m)	(ton-m)	-	(cm2)
B-2	1	1.70	1.48	1	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.41	0.45	0.20	0.0100	9.00
				2		2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.41	0.25	0.14	0.0100	9.00
A-2	1	1.70	1.48	1	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.41	0.45	0.20	0.0100	9.00
				2		2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.41	0.25	0.14	0.0100	9.00
B-1	1	1.70	1.48	1	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.41	0.45	0.20	0.0100	9.00
				2		2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.41	0.25	0.14	0.0100	9.00
A-1	1	1.70	1.48	1	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.41	0.45	0.20	0.0100	9.00
				2		2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.41	0.25	0.14	0.0100	9.00

4.13.4.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas, de acuerdo con fuerzas cortantes y momentos máximos.

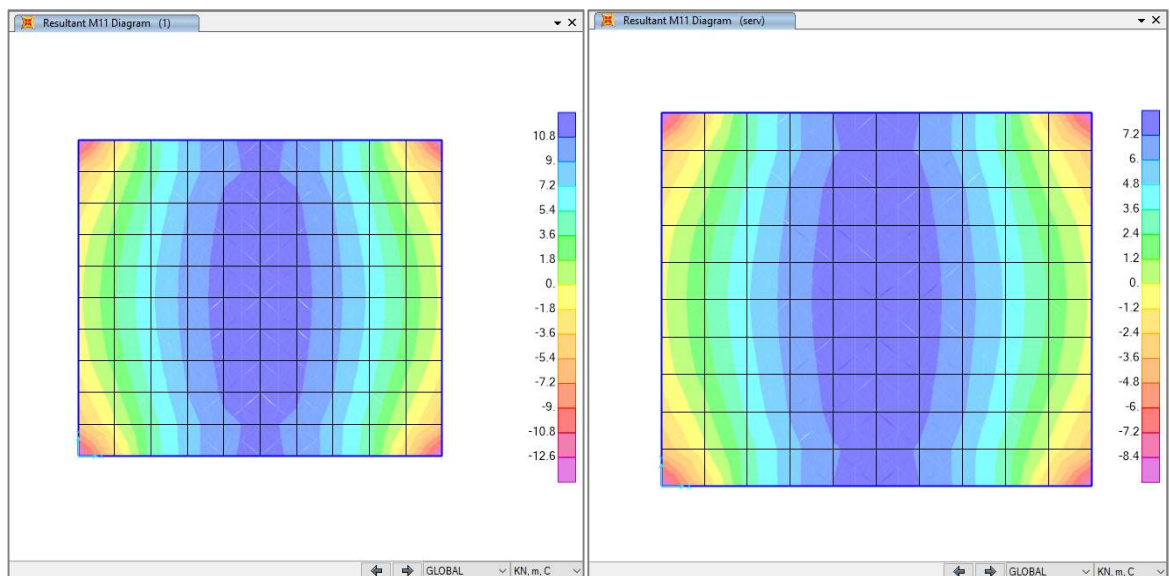
Design results - Footings

Footing	Floor	Mat	B	L	h	Vu1/ØVc1	Dir	Reinforcem	As	Mu
			m	m	cm	Vu2/ØVc2	-		cm2	ton-m
A-2	1	2	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.39
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.39
B-2	1	2	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.39
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.39
B-1	1	2	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.39
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.39
A-1	1	2	1.00	1.00	30	0.08	B	5#4@21 cm	5.400	0.39
						0.10	L	5#4@21 cm	5.400	0.39

4.13.5.DISEÑO DE LOSA

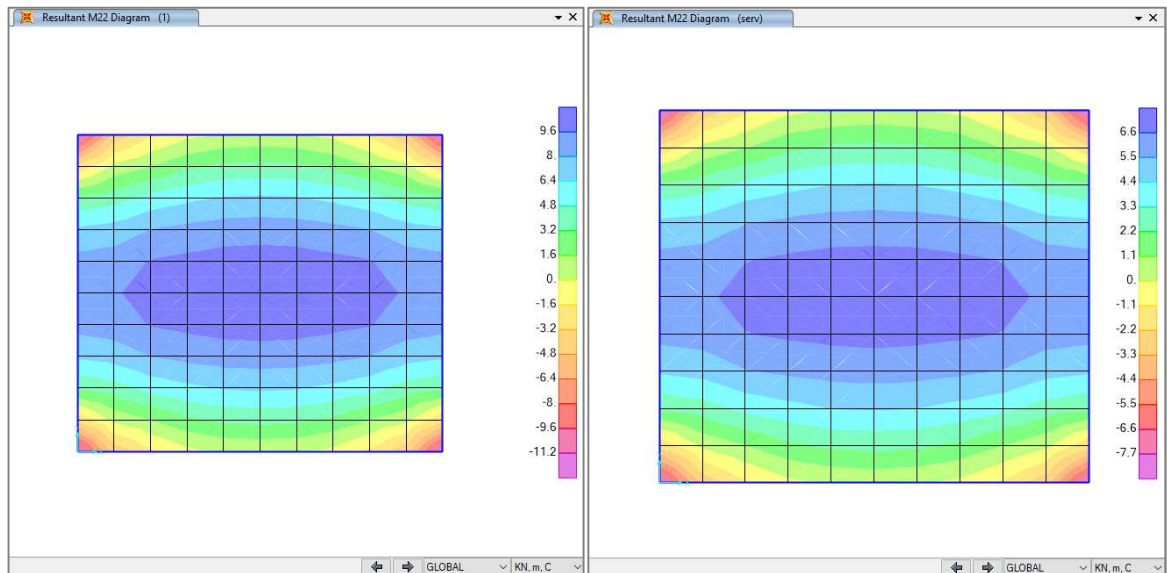
Para el diseño de la losa se realizó un modelo con elementos tipo Shell, mediante el software de elementos finitos SAP2000, del cual se obtuvieron las solicitaciones y mediante hojas de cálculo se realiza el diseño, el cual se muestra a continuación.

Gráfica 5 Resultados de momentos M11



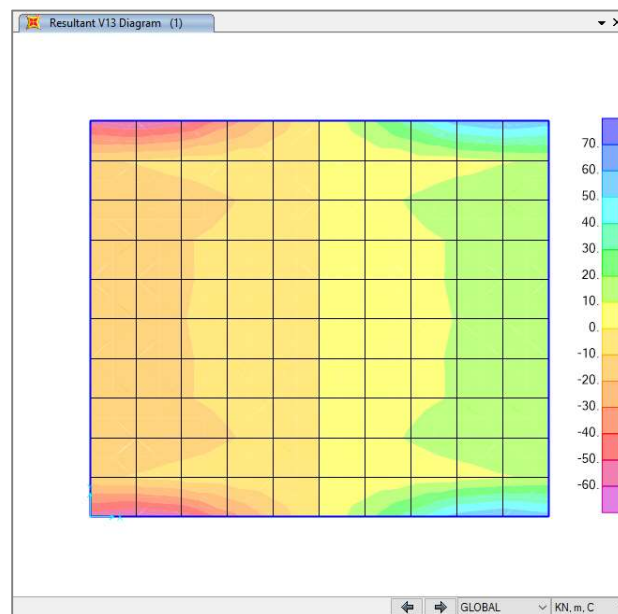
Fuente: WSP, 2018.

Gráfica 6 Resultados de momentos M22



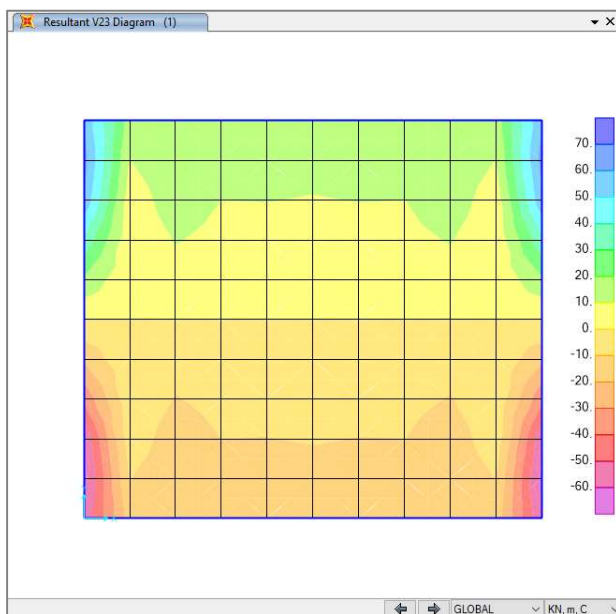
Fuente: WSP, 2018.

Gráfica 7 Resultados de cortante V13



Fuente: WSP, 2018.

Gráfica 8 Resultados de cortante V23



Fuente: WSP, 2018.

REFUERZO LOSA SOPORTE TANQUE COMUNITARIO																			
ELEMENTO	M	Mu	# caras	b	h	r	d	f _c		f _y		ρ Diseño	ρ Minima	As	Refuerzo				
	KN-m/m	KN-m/m		m	m	m	m	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²			cm ²	cant	#	φ	c/	S
M(+) m22	7.20	10.80	2	1	0.2	0.05	0.15	21	210	420	4200	0.001289	0.002000	3.00	5	#	3	c/	0.200
	As final	ρ final	Ms	Es	Ec	n	Ast	d'	d	Y	I	fs	φ	γ	sd	ρ	β cal	fs max	
	cm ²		KN-m	MPa	MPa		cm ²		cm	cm	cm ⁴	MPa						MPa	
	3.563	0.0024	1	21996	21996	9.09	6.48	0.055	0.145	2.760	1036	149	0.900000	1.70	1.00	0.0020	1.466	170.515	Ok
M(-) m11	8.232	12.35	2	1	0.2	0.05	0.15	21	210	420	4200	0.001478	0.002000	3.00	5	#	3	c/	0.200
	As final	ρ final	Ms	Es	Ec	n	Ast	d'	d	Y	I	fs	φ	γ	sd	ρ	β cal	fs max	
	cm ²		KN-m	MPa	MPa		cm ²		cm	cm	cm ⁴	MPa						MPa	
	3.563	0.0024	2	21996	21996	9.09	6.48	0.055	0.145	2.760	1036	170	0.900000	1.70	1.00	0.0015	1.466	170.515	Ok

Se asignarán dos parrillas con barras #3 c/0.20 en las dos direcciones en cada cara.

Revisión a cortante.

φ =	0.75	NSR-10 C.9.2.3
f'c=	21	MPa

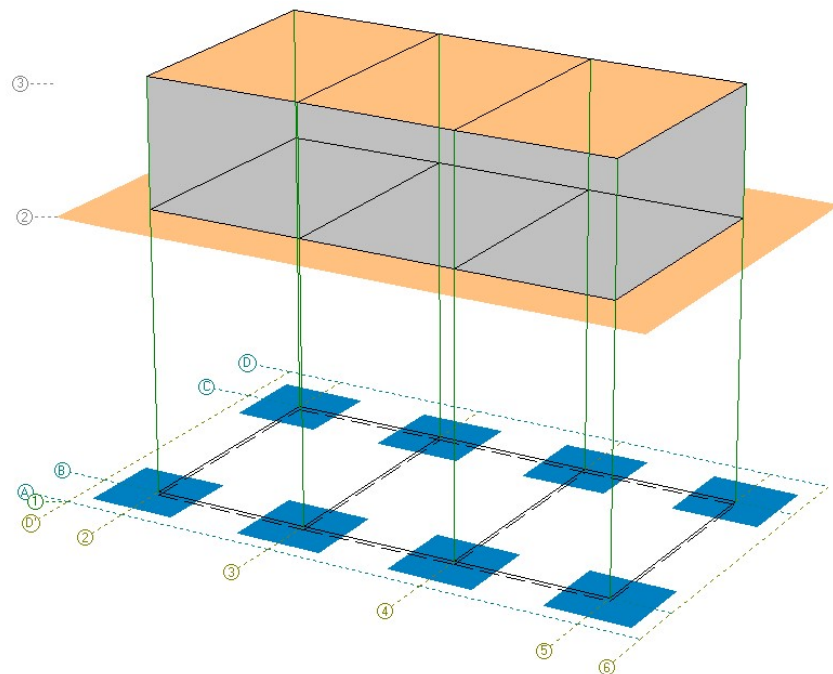
SECCION	Vu	e	d'	d	vu	φ VC
	KN/m	m		m	KN/m ²	KN/m ²
LOSA DE SOPORTE	70	0.20	0.03	0.18	400.0	584.3 ok.

4.14. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE

De acuerdo con el diseño hidráulico, el tanque de almacenamiento será elevado y deberá tener tres compartimientos con un volumen útil total de 45 m^3 . El nivel de cimentación será a -2.0 m del nivel actual del terreno. El tanque se apoyará sobre columnas de sección cuadrada de 0.40 m de lado las cuales se cimentará sobre zapatas.

De acuerdo con el diseño hidráulico, todos los tanques se deberán recubrir internamente con un material tipo epóxico, el cual deberá estar aprobado para su uso en estructuras contenedoras de agua potable y su que su aplicación sobre superficies de concreto esté probada.

Figura 28 Modelo tridimensional tanque de almacenamiento



Fuente: WSP, 2018.

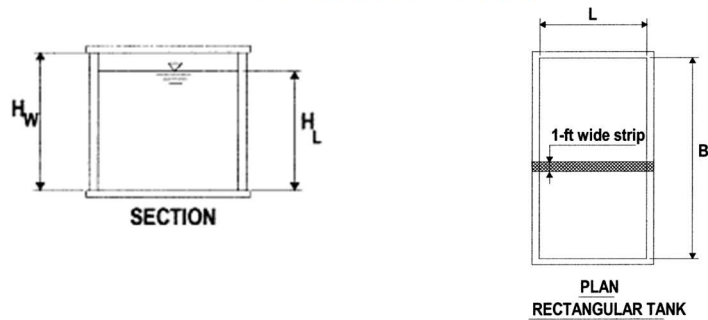
Las propiedades geométricas y de materiales de los elementos fueron asignadas según el dimensionamiento hidráulico y las especificaciones presentadas en el numeral 4.4.

Por otra parte, al modelo realizado, en el software EngSolutions RCb, se le asignaron las cargas y debidas a fuerzas hidrodinámicas, que fueron determinadas mediante hojas de cálculo, como se muestra en los siguientes numerales. Las cargas debidas a peso propio son determinadas por el software y las cargas vivas y de agua se asignaron manualmente al modelo.

4.14.1.FUERZAS HIDRODINÁMICAS SENTIDO LARGO

Se calculan las fuerzas hidrodinámicas, impulsivas y convectivas, para sismo en el sentido largo del tanque.

SISMO PARALELO AL LADO LARGO
TANQUE RECTANGULAR ACI 350.3-06



Resistencia del concreto f'_c =	28 MPa	
Lado paralelo a la fuerza B =	4 m	Grupo de uso
Lado perpendicular a la Fuerza L =	2.5 m	IV
Altura líquido H_L =	1.50 m	
Borde libre d_{max} =	0.75 m	$d_{max} = 0.72$ m
Altura de los muros H_w =	2.253 m	
espesor pared (t_w) =	0.30 m	
espesor tapa =	0.15 m	
Módulo de elasticidad del concreto E_c =	25399 MPa	
Factor de importancia I =	1.5	
A_a =	0.1	
A_v =	0.15	
F_v =	2.2	
F_a =	1.6	
TC =	0.99	
TL =	5.28	
Factor de modificación de respuesta R_i =	2	
Factor de modificación de respuesta R_c =	1	
Peso específico del concreto γ_c =	23.56 kN/m ³	
Peso específico del fluido γ_L =	9.81 kN/m ³	
Densidad del concreto ρ_c =	2.4 kN S ² /m ⁴	
Peso específico del fluido ρ_L =	1 kN S ² /m ⁴	
A_a =	0.1	
b =	0.07	4.1.4.1 ACI 350
y =	0 m	
Peso equivalente de un muro $W'w$ =	73.25 kN	

1. Peso de muros del tanque (W_w)

Peso propio muros W_w = 226.12 kN

2. Peso del techo (W_r)

Carga viva sobre el techo CV = 1.8 kN/m²
 Área techo = 14.26 m²
 Carga viva = 25.7 kN
 Peso propio = 50.39 kN
 W_r = 76.06 kN

3. Coeficiente de masa efectiva

$$\epsilon = 0.62 \quad \text{Ok} \quad 9-44 \text{ ACI 350}$$

4. Peso dinamico efectivo (W_e)

$$W_e = 216.16 \text{ kN}$$

5. Peso equivalente componente impulsiva

$$\begin{aligned} W_L &= 147.15 \text{ kN} \\ W_i/W_L &= 0.42 \\ W_i &= 62.47 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-1 \text{ ACI 350}$$

6. Peso equivalente componente convectiva

$$\begin{aligned} W_c/W_L &= 0.58 \\ W_c &= 85.88 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-2 \text{ ACI 350}$$

7. Frecuencia circular del modo impulsivo de vibracion

$$\begin{aligned} m_i &= 1.27 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m_w &= 1.62 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m &= 2.90 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ h &= 0.88 \text{ m} \\ k &= 252927.9 \text{ kN/m}^2 \\ \omega_i &= 295.536 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad 9-9 \text{ ACI 350}$$

8. Frecuencia circular de oscilación del primer modo

$$\begin{aligned} \lambda &= 5.07 \\ \omega_c &= 2.53 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &9-13 \text{ ACI 350} \\ &9-12 \text{ ACI 350} \end{aligned}$$

9. Periodo fundamental de oscilacion del tanque más la componente impulsiva del contenido

$$\begin{aligned} T_i &= 0.02 \text{ s} \\ T_s &= 1.01 \text{ s} \end{aligned} \quad 9-11 \text{ ACI 350}$$

10. Periodo natural del primer modo

$$T_c = 2.48 \text{ s} \quad 9-14 \text{ ACI 350}$$

9. Factores de amplificación espectrales

$$\begin{aligned} C_i &= 0.60 \\ C_c &= 0.36 \end{aligned} \quad 7.6.1 \text{ AIS 180-13}$$

10. Fuerzas laterales y cortante en la base

Fuerza de la aceleracion de los muros

$$P_w = 63.05 \text{ KN} \quad 4-1 \text{ ACI 350}$$

Fuerza de la aceleracion de un muro

$$P'w = 20.42 \text{ KN} \quad 4-1a \text{ ACI 350}$$

Fuerza de la aceleracion de la tapa

$$P_r = 34.23 \text{ KN} \quad 4-2 \text{ ACI 350}$$

Fuerza impulsiva

$$P_i = 28.11 \text{ KN} \quad 4-3 \text{ ACI 350}$$

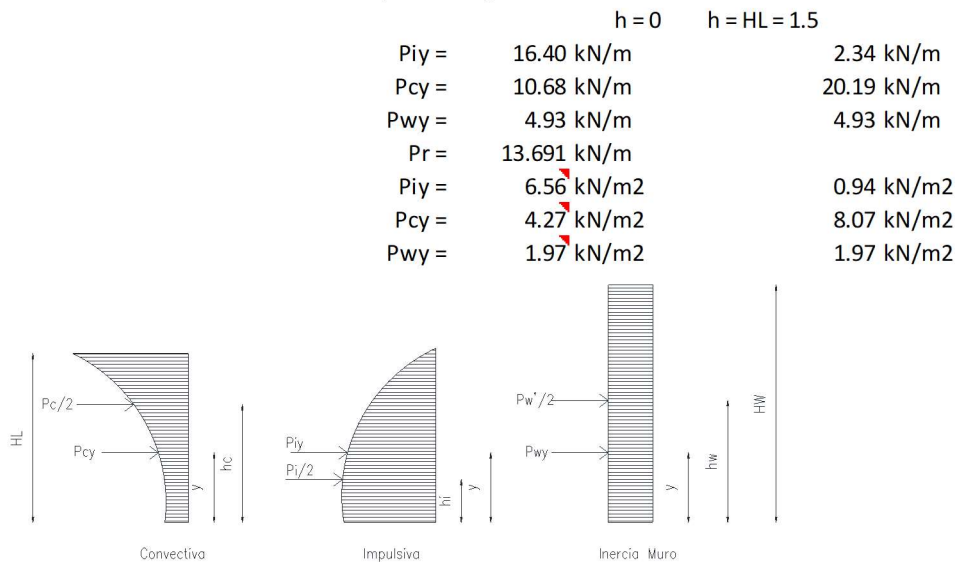
Fuerza convectiva

$$P_c = 46.30 \text{ KN} \quad 4-4 \text{ ACI 350}$$

Cortante total horizontal en la base

$$V = 133.66 \text{ KN} \quad 4-5 \text{ ACI 350}$$

Fuerzas dianmicas distribuidas en tanque rectangular 5.3.1 ACI 350



Combinacion de las fuerzas dinamicas para un tanque rectangular

$C_v =$	1	
$C_t =$	0.08	7.2 AIS 180-13
$\ddot{u}_v =$	0.08	4-15 ACI 350
$q_{hy} =$	14.72 kN/m ²	0
resultante hidrodinámica vertical $p_{vy} =$	1.18 kN/m ²	0
$P_y =$	9.61 kN/m ²	8.58 kN/m ²

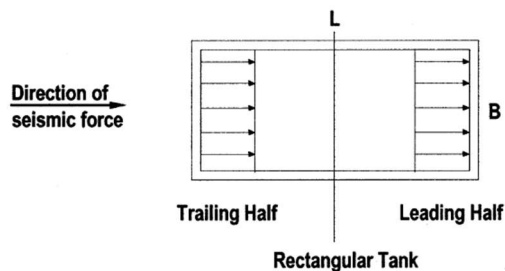
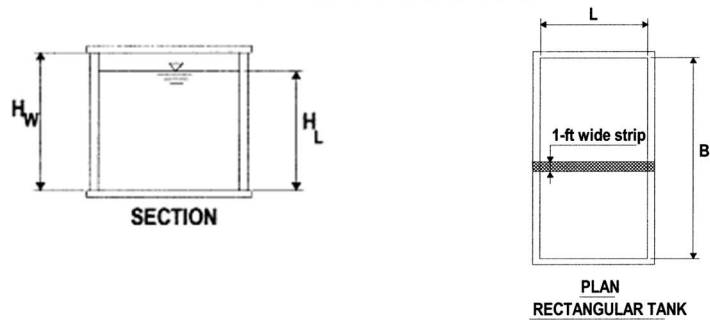


Fig. R5.2—Hydrodynamic pressure distribution in tank walls (adapted from References 3 and 13).

4.14.2.FUERZAS HIDRODINÁMICAS SENTIDO CORTO

Se calculan las fuerzas hidrodinámicas, impulsivas y convectivas, para sismo en el sentido corto del tanque.

SISMO PARALELO AL LADO CORTO
TANQUE RECTANGULAR ACI 350.3-06



Resistencia del concreto f'_c =	28 MPa	
Lado paralelo a la fuerza L =	2.5 m	Grupo de uso
Lado perpendicular a la fuerza B =	4 m	IV
Altura líquido HL=	1.50 m	
Borde libre dmax =	0.75 m	dmax= 0.61 m
Altura de los muros Hw =	2.25 m	
espesor pared (tw)=	0.30 m	
espesor tapa=	0.15 m	
Módulo de elasticidad del concreto E_c =	25399 MPa	
Factor de importancia I =	1.5	
	Aa = 0.1	
	Av = 0.15	
	Fv = 2.2	
	Fa = 1.6	
	TC = 0.99	
	TL = 5.28	
Factor de modificación de respuesta Ri =	2	
Factor de modificación de respuesta Rc =	1	
Peso específico del concreto γ_c =	23.56 kN/m ³	
Peso específico del fluido γ_L =	9.81 kN/m ³	
Densidad del concreto ρ_c =	2.4 kN S ² /m ⁴	
Peso específico del fluido ρ_L =	1 kN S ² /m ⁴	
	Aa= 0.1	
	b = 0.07	4.1.4.1 ACI 350
	y = 0 m	
Peso equivalente de un muro W'w =	49.27 kN	

1. Peso de muros del tanque (Ww)

Peso propio muros Ww = 225.82 kN

2. Peso del techo (Wr)

Carga viva sobre el techo CV = 1.8 kN/m²
 Área techo = 14.26 m²
 Carga viva = 25.668 kN
 Peso propio = 50.39 kN
 Wr = 76.06 kN

3. Coeficiente de masa efectiva

$$\epsilon = 0.74 \quad \text{Ok} \quad 9-44 \text{ ACI 350}$$

4. Peso dinamico efectivo (We)

$$W_e = 244.29 \text{ kN}$$

5. Peso equivalente componente impulsiva

$$\begin{aligned} W_L &= 147.15 \text{ kN} \\ W_i/W_L &= 0.62 \\ W_i &= 91.18 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-1 \text{ ACI 350}$$

6. Peso equivalente componente convectiva

$$\begin{aligned} W_c/W_L &= 0.42 \\ W_c &= 61.89 \text{ kN} \end{aligned} \quad 9-2 \text{ ACI 350}$$

7. Frecuencia circular del modo impulsivo de vibracion

$$\begin{aligned} m_i &= 1.16 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m_w &= 1.62 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ m &= 2.78 \text{ kN s}^2/\text{m}^2 \\ h &= 0.89 \text{ m} \\ k &= 243137.50 \text{ kN/m}^2 \\ \omega_i &= 295.637 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad 9-9 \text{ ACI 350}$$

8. Frecuencia circular de oscilación del primer modo

$$\begin{aligned} \lambda &= 5.44 \\ \omega_c &= 3.44 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &9-13 \text{ ACI 350} \\ &9-12 \text{ ACI 350} \end{aligned}$$

9. Periodo fundamental de oscilacion del tanque mas la componente impulsiva del contenido

$$\begin{aligned} T_i &= 0.02 \text{ s} \\ T_s &= 1.01 \text{ s} \end{aligned} \quad 9-11 \text{ ACI 350}$$

10. Periodo natural del primer modo

$$T_c = 1.83 \text{ s} \quad 9-14 \text{ ACI 350}$$

9. Factores de amplificación espectrales

$$\begin{aligned} C_i &= 0.600 \\ C_c &= 0.488 \end{aligned} \quad 7.6.1 \text{ AIS 180-13}$$

10. Fuerzas laterales y cortante en la base

Fuerza de la aceleracion de los muros

$$P_w = 75.70 \text{ kN} \quad 4-1 \text{ ACI 350}$$

Fuerza de la aceleracion de un muro

$$P'w = 16.52 \text{ kN} \quad 4-1a \text{ ACI 350}$$

Fuerza de la aceleracion de la tapa

$$P_r = 34.23 \text{ kN} \quad 4-2 \text{ ACI 350}$$

Fuerza impulsiva

$$P_i = 41.03 \text{ kN} \quad 4-3 \text{ ACI 350}$$

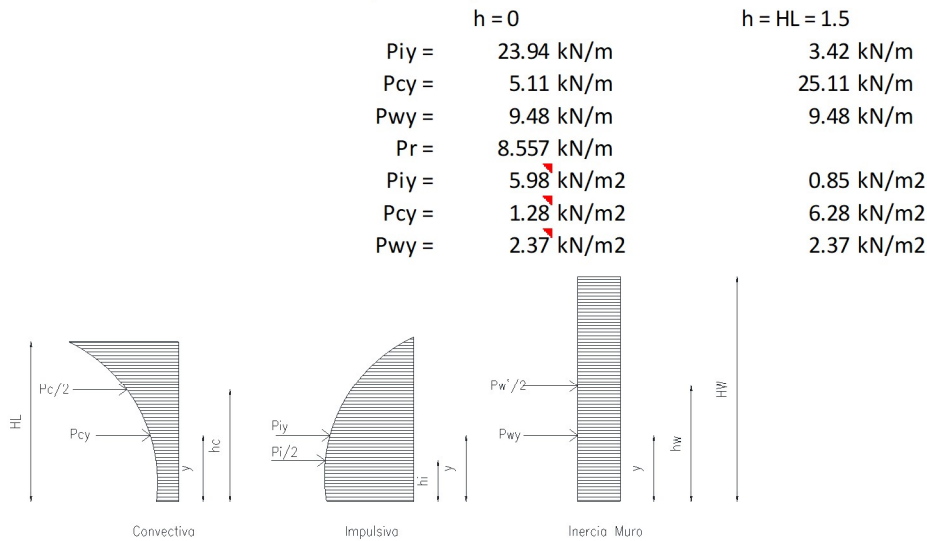
Fuerza convectiva

$$P_c = 45.32 \text{ kN} \quad 4-4 \text{ ACI 350}$$

Cortante total horizontal en la base

$$V = 157.62 \text{ kN} \quad 4-5 \text{ ACI 350}$$

Fuerzas dianmicas distribuidas en tanque rectangular 5.3.1 ACI 350



Combinacion de las fuerzas dinamicas para un tanque rectangular

$C_v =$	1	
$C_t =$	0.08	7.2 AIS 180-13
$\ddot{u}_v =$	0.08	4-15 ACI 350
$q_{hy} =$	14.72 kN/m ²	0
resultante hidrodinámica vertical $p_{vy} =$	1.18 kN/m ²	0
$P_y =$	8.53 kN/m ²	7.06 kN/m ²

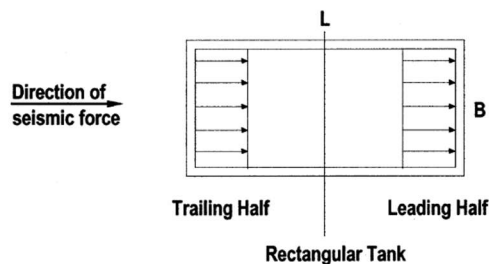


Fig. R5.2—Hydrodynamic pressure distribution in tank walls (adapted from References 3 and 13).

4.14.3.RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.14.3.1. ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{max}P_{min} = R_z/A (1 \pm e_b/S_3 \pm e_l/S_2)$

Self weight of footing: $0.10 R_z (D_0 + DL + LL)$

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
C-5	1	34.16	8.36	15.34	3.47	0.52	0.12
C-4	1	36.66	10.26	16.43	4.35	0.56	0.15
B-5	1	33.58	7.93	15.05	3.31	0.51	0.11
B-4	1	35.97	9.88	16.12	4.18	0.55	0.14
C-3	1	36.86	10.12	16.51	4.29	0.56	0.15
B-3	1	36.17	9.74	16.20	4.12	0.55	0.14
C-2	1	34.11	8.67	15.29	3.68	0.52	0.13
B-2	1	33.69	8.03	15.09	3.40	0.51	0.12

4.14.4.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para las vigas.

BEAM: B(2-3) FLOOR: 1

Length: L = 2.78 m a = 0.20 m Section: b = 30.0 cm Sec: V30x30 Lu = 2.38 m c = 0.20 m h = 40.0 cm Mat: 280											
X, m:	0.20	0.44	0.68	0.91	1.15	1.39	1.63	1.87	2.10	2.34	2.58
Mu(-), ton-m:	-5.80	-4.71	-3.64	-2.60	-1.58	-0.57	-0.46	-1.30	-2.36	-3.43	-4.53
Mu(+), ton-m:	5.68	4.72	3.75	2.78	1.79	0.78	0.62	1.39	2.34	3.27	4.20
As(-), cm2:	4.71	3.79	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.64
As(+), cm2:	4.61	3.79	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.52	4.52	4.47	4.37	4.27	4.28	4.35	4.43	4.51	4.55	4.55
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-2

32 #3 @ 7.5

B-3

BEAM: B(3-4) FLOOR: 1

Length: L = 2.77 m a = 0.20 m Section: b = 30.0 cm Sec: V30x30 Lu = 2.37 m c = 0.20 m h = 40.0 cm Mat: 280											
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.15	1.39	1.62	1.86	2.10	2.33	2.57
Mu(-), ton-m:	-3.06	-2.40	-1.75	-1.14	-0.55	0.00	-0.54	-1.12	-1.74	-2.38	-3.05
Mu(+), ton-m:	2.73	2.22	1.70	1.17	0.63	0.07	0.62	1.16	1.69	2.21	2.73
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	2.72	2.72	2.67	2.59	2.50	2.42	2.50	2.58	2.67	2.72	2.72
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-3

32 #3 @ 7.5

B-4

BEAM: B(4-5) FLOOR: 1

	Length:	L = 2.75 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.35 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.14	1.38	1.61	1.85	2.08	2.32
Mu(-), ton-m:	-4.54	-3.44	-2.36	-1.31	-0.46	-0.58	-1.59	-2.61	-3.66	-4.72
Mu(+), ton-m:	4.21	3.28	2.34	1.39	0.62	0.78	1.79	2.78	3.76	4.73
As(-), cm2:	3.65	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.80
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.81
Vu, ton:	4.61	4.61	4.57	4.49	4.42	4.34	4.34	4.43	4.53	4.58
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-4 31 #3 @ 7.5 B-5

BEAM: C(2-3) FLOOR: 1

	Length:	L = 2.78 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.38 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.68	0.91	1.15	1.39	1.63	1.87	2.10	2.34
Mu(-), ton-m:	-5.87	-4.76	-3.69	-2.64	-1.60	-0.58	-0.47	-1.32	-2.39	-3.47
Mu(+), ton-m:	5.75	4.77	3.79	2.81	1.81	0.79	0.63	1.41	2.37	3.31
As(-), cm2:	4.77	3.83	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.68
As(+), cm2:	4.66	3.84	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.58	4.58	4.52	4.42	4.33	4.33	4.40	4.48	4.56	4.60
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-2 32 #3 @ 7.5 C-3

BEAM: C(3-4) FLOOR: 1

	Length:	L = 2.77 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.37 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.15	1.39	1.62	1.86	2.10	2.33
Mu(-), ton-m:	-3.09	-2.42	-1.77	-1.15	-0.55	0.00	-0.54	-1.14	-1.76	-2.41
Mu(+), ton-m:	2.77	2.25	1.72	1.18	0.63	0.07	0.63	1.17	1.71	2.24
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	2.75	2.75	2.70	2.62	2.53	2.45	2.53	2.61	2.70	2.75
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-3 32 #3 @ 7.5 C-4

BEAM: C(4-5) FLOOR: 1

	Length:	L = 2.75 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.35 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.14	1.38	1.61	1.85	2.08	2.32
Mu(-), ton-m:	-4.59	-3.48	-2.39	-1.32	-0.47	-0.59	-1.61	-2.65	-3.70	-4.78
Mu(+), ton-m:	4.27	3.32	2.37	1.41	0.63	0.79	1.81	2.81	3.80	4.79
As(-), cm2:	3.69	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.85
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.85
Vu, ton:	4.66	4.66	4.62	4.54	4.47	4.40	4.39	4.48	4.58	4.63
Tu, ton-m:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-4 31 #3 @ 7.5 C-5

BEAM: B(2-3) FLOOR: 2

	Length:	L = 2.78 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.38 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.68	0.91	1.15	1.39	1.63	1.87	2.10	2.34
Mu(-), ton-m:	-2.50	-1.52	-0.75	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.81	-1.61
Mu(+), ton-m:	0.83	0.53	0.70	0.86	1.01	1.18	0.99	0.80	0.62	0.53
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.40	4.40	3.94	3.15	2.36	1.67	2.46	3.25	4.05	4.50
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-2 32 #3 @ 7.5 B-3

BEAM: B(3-4) FLOOR: 2

	Length:	L = 2.77 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.37 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.15	1.39	1.62	1.86	2.10	2.33
Mu(-), ton-m:	-2.41	-1.51	-0.79	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48	-0.79	-1.51
Mu(+), ton-m:	0.80	0.56	0.67	0.78	0.89	1.05	0.89	0.78	0.67	0.56
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.03	4.03	3.63	2.92	2.21	1.51	2.22	2.92	3.63	4.03
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-3 32 #3 @ 7.5 B-4

BEAM: B(4-5) FLOOR: 2

	Length:	L = 2.75 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.35 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.14	1.38	1.61	1.85	2.08	2.32
Mu(-), ton-m:	-2.60	-1.61	-0.82	-0.52	-0.52	-0.52	-0.52	-0.52	-0.75	-1.51
Mu(+), ton-m:	0.87	0.52	0.63	0.79	0.96	1.15	0.99	0.85	0.70	0.55
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.45	4.45	4.02	3.24	2.46	1.67	2.35	3.13	3.92	4.35
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-4 31 #3 @ 7.5 B-5

BEAM: C(2-3) FLOOR: 2

	Length:	L = 2.78 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.38 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.68	0.91	1.15	1.39	1.63	1.87	2.10	2.34
Mu(-), ton-m:	-2.70	-1.61	-0.77	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.84	-1.71
Mu(+), ton-m:	0.90	0.56	0.70	0.91	1.10	1.28	1.08	0.85	0.63	0.56
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.81	4.81	4.31	3.43	2.56	1.79	2.67	3.54	4.41	4.91
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-2 32 #3 @ 7.5 C-3

BEAM: C(3-4) FLOOR: 2

	Length:	L = 2.77 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.37 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.15	1.39	1.62	1.86	2.10	2.33
Mu(-), ton-m:	-2.55	-1.58	-0.81	-0.51	-0.51	-0.51	-0.51	-0.51	-0.81	-1.58
Mu(+), ton-m:	0.85	0.53	0.68	0.81	0.95	1.12	0.95	0.81	0.68	0.53
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.32	4.32	3.89	3.12	2.36	1.59	2.36	3.12	3.89	4.32
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-3 32 #3 @ 7.5 C-4

BEAM: C(4-5) FLOOR: 2

	Length:	L = 2.75 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.35 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.14	1.38	1.61	1.85	2.08	2.32
Mu(-), ton-m:	-2.79	-1.70	-0.84	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.77	-1.60
Mu(+), ton-m:	0.93	0.56	0.63	0.84	1.05	1.25	1.08	0.90	0.71	0.56
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	4.86	4.86	4.38	3.52	2.66	1.80	2.55	3.41	4.27	4.75
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-4 31 #3 @ 7.5 C-5

BEAM: B(2-3) FLOOR: 3

	Length:	L = 2.78 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.38 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.68	0.91	1.15	1.39	1.63	1.87	2.10	2.34
Mu(-), ton-m:	-0.49	-0.34	-0.21	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.20	-0.33
Mu(+), ton-m:	0.19	0.19	0.18	0.16	0.13	0.10	0.14	0.17	0.19	0.20
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.58	0.58	0.54	0.47	0.40	0.33	0.39	0.46	0.53	0.57
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-2 32 #3 @ 7.5 B-3

BEAM: B(3-4) FLOOR: 3

	Length:	L = 2.77 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 2.37 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.15	1.39	1.62	1.86	2.10	2.33
Mu(-), ton-m:	-0.50	-0.34	-0.21	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.21	-0.34
Mu(+), ton-m:	0.21	0.21	0.20	0.17	0.14	0.10	0.14	0.17	0.20	0.21
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.58	0.58	0.54	0.47	0.40	0.33	0.40	0.47	0.54	0.58
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-3 32 #3 @ 7.5 B-4

BEAM: B(4-5) FLOOR: 3

	Length:		L = 2.75 m		a = 0.20 m		Section:	b = 30.0 cm		Sec:	V30x30
			Lu = 2.35 m		c = 0.20 m			h = 40.0 cm		Mat:	280
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.14	1.38	1.61	1.85	2.08	2.32	2.55
Mu(-), ton-m:	-0.48	-0.33	-0.21	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.21	-0.34	-0.49
Mu(+), ton-m:	0.21	0.20	0.19	0.17	0.14	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.20
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.57	0.57	0.53	0.46	0.39	0.34	0.41	0.48	0.55	0.59	0.59
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-4 31 #3 @ 7.5 B-5

BEAM: C(2-3) FLOOR: 3

	Length:		L = 2.78 m		a = 0.20 m		Section:	b = 30.0 cm		Sec:	V30x30
			Lu = 2.38 m		c = 0.20 m			h = 40.0 cm		Mat:	280
X, m:	0.20	0.44	0.68	0.91	1.15	1.39	1.63	1.87	2.10	2.34	2.58
Mu(-), ton-m:	-0.50	-0.35	-0.21	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.21	-0.34	-0.49
Mu(+), ton-m:	0.20	0.20	0.19	0.17	0.14	0.10	0.14	0.17	0.19	0.20	0.20
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.59	0.59	0.55	0.48	0.41	0.34	0.39	0.46	0.53	0.57	0.57
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-2 32 #3 @ 7.5 C-3

BEAM: C(3-4) FLOOR: 3

	Length:	L = 2.77 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30				
		Lu = 2.37 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280				
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.15	1.39	1.62	1.86	2.10	2.33	2.57
Mu(-), ton-m:	-0.50	-0.35	-0.22	-0.11	-0.10	-0.10	-0.10	-0.11	-0.22	-0.35	-0.50
Mu(+), ton-m:	0.22	0.21	0.20	0.18	0.14	0.10	0.14	0.18	0.20	0.21	0.22
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.59	0.59	0.55	0.48	0.41	0.34	0.41	0.48	0.55	0.59	0.59
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	7.50

DESIGN

C-3 32 #3 @ 7.5 C-4

BEAM: C(4-5) FLOOR: 3

	Length:		L = 2.75 m		a = 0.20 m		Section:	b = 30.0 cm		Sec:	V30x30	
			Lu = 2.35 m		c = 0.20 m			h = 40.0 cm		Mat:	280	
X, m:	0.20	0.44	0.67	0.91	1.14	1.38	1.61	1.85	2.08	2.32	2.55	
Mu(-), ton-m:	-0.49	-0.34	-0.21	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.21	-0.35	-0.50	
Mu(+), ton-m:	0.21	0.21	0.19	0.17	0.14	0.10	0.13	0.17	0.19	0.20	0.20	
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	
Vu, ton:	0.57	0.57	0.53	0.47	0.40	0.34	0.41	0.48	0.55	0.59	0.59	
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	7.50	

DESIGN

C-4 31 #3 @ 7.5 C-5

BEAM: 2(B-C) FLOOR: 1

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74
Mu(-), ton-m:	-7.07	-5.45	-3.93	-2.48	-1.11	0.00	-1.11	-2.48	-3.93	-5.45
Mu(+), ton-m:	6.60	5.36	4.14	2.92	1.66	0.42	1.66	2.92	4.14	5.35
As(-), cm2:	5.79	4.41	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.41
As(+), cm2:	5.39	4.33	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.33
Vu, ton:	4.06	4.04	3.86	3.70	3.55	3.41	3.55	3.70	3.86	4.05
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50

DESIGN

B-2 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-2

BEAM: 3(B-C) FLOOR: 1

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74
Mu(-), ton-m:	-6.57	-5.05	-3.63	-2.28	-1.01	0.00	-1.01	-2.28	-3.63	-5.05
Mu(+), ton-m:	6.10	4.96	3.85	2.72	1.57	0.42	1.57	2.72	3.84	4.96
As(-), cm2:	5.36	4.07	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.08
As(+), cm2:	4.96	4.00	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.00
Vu, ton:	3.80	3.78	3.61	3.44	3.29	3.16	3.29	3.44	3.61	3.79
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50

DESIGN

B-3 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-3

BEAM: 4(B-C) FLOOR: 1

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74
Mu(-), ton-m:	-6.56	-5.05	-3.63	-2.28	-1.01	0.00	-1.01	-2.28	-3.63	-5.05
Mu(+), ton-m:	6.09	4.95	3.84	2.72	1.57	0.42	1.56	2.72	3.84	4.95
As(-), cm2:	5.35	4.07	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.07
As(+), cm2:	4.95	3.99	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.99
Vu, ton:	3.80	3.78	3.60	3.44	3.29	3.16	3.29	3.44	3.60	3.79
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50

DESIGN

B-4 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-4

BEAM: 5(B-C) FLOOR: 1

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74
Mu(-), ton-m:	-7.04	-5.42	-3.91	-2.47	-1.10	0.00	-1.10	-2.47	-3.91	-5.43
Mu(+), ton-m:	6.57	5.33	4.12	2.91	1.66	0.42	1.66	2.90	4.12	5.33
As(-), cm2:	5.76	4.39	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.39
As(+), cm2:	5.36	4.31	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.31
Vu, ton:	4.04	4.02	3.85	3.68	3.53	3.40	3.53	3.68	3.85	4.03
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50

DESIGN

B-5 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-5

BEAM: 2(B-C) FLOOR: 2

	Length:		L = 4.33 m		a = 0.20 m		Section:	b = 30.0 cm		Sec:	V30x30	
			Lu = 3.93 m		c = 0.20 m			h = 40.0 cm		Mat:	280	
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74	4.13	
Mu(-), ton-m:	-5.61	-2.79	-1.12	-1.12	-1.12	-1.12	-1.12	-1.12	-1.12	-2.79	-5.61	
Mu(+), ton-m:	1.87	1.12	1.12	1.39	2.39	2.79	2.39	1.39	1.12	1.12	1.87	
As(-), cm2:	4.54	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.54	
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	
Vu, ton:	7.15	6.98	5.56	3.88	2.20	1.04	2.20	3.88	5.56	6.98	7.15	
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	

DESIGN

B-2 11 #3 @ 7.5 15 #3 @ 15 11 #3 @ 7.5 C-2

BEAM: 3(B-C) FLOOR: 2

	Length:	L = 4.33 m		a = 0.20 m		Section:	b = 30.0 cm		Sec:	V30x30	
		Lu = 3.93 m		c = 0.20 m			h = 40.0 cm		Mat:	280	
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74	4.13
Mu(-), ton-m:	-7.59	-3.62	-1.52	-1.52	-1.52	-1.52	-1.52	-1.52	-1.52	-3.62	-7.59
Mu(+), ton-m:	2.53	1.52	1.52	1.82	3.22	3.75	3.22	1.82	1.52	1.52	2.53
As(-), cm2:	6.25	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	6.25
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	9.39	9.09	7.18	4.91	2.64	0.73	2.64	4.91	7.18	9.09	9.39
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-3 11 #3 @ 7.5 15 #3 @ 15 11 #3 @ 7.5 C-3

BEAM: 4(B-C) FLOOR: 2

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:		b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m			h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74	4.13
Mu(-), ton-m:	-7.56	-3.60	-1.51	-1.51	-1.51	-1.51	-1.51	-1.51	-1.51	-3.60	-7.56
Mu(+), ton-m:	2.52	1.51	1.51	1.81	3.21	3.73	3.21	1.81	1.51	1.51	2.52
As(-), cm2:	6.21	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	6.21
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	9.35	9.04	7.15	4.89	2.63	0.74	2.63	4.89	7.15	9.04	9.34
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-4 11 #3 @ 7.5 15 #3 @ 15 11 #3 @ 7.5 C-4

BEAM: 5(B-C) FLOOR: 2

	Length:		L = 4.33 m		a = 0.20 m		Section:	b = 30.0 cm		Sec:	V30x30	
			Lu = 3.93 m		c = 0.20 m			h = 40.0 cm		Mat:	280	
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74	4.13	
Mu(-), ton-m:	-5.57	-2.78	-1.11	-1.11	-1.11	-1.11	-1.11	-1.11	-1.11	-2.78	-5.57	
Mu(+), ton-m:	1.86	1.11	1.11	1.38	2.38	2.77	2.38	1.38	1.11	1.11	1.86	
As(-), cm2:	4.51	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	4.51	
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	
Vu, ton:	7.10	6.94	5.53	3.86	2.19	1.04	2.19	3.86	5.53	6.94	7.10	
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50	

DESIGN

B-5 11 #3 @ 7.5 15 #3 @ 15 11 #3 @ 7.5 C-5

BEAM: 2(B-C) FLOOR: 3

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30				
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280				
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74	4.13
Mu(-), ton-m:	-0.75	-0.45	-0.21	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.21	-0.45	-0.75
Mu(+), ton-m:	0.25	0.15	0.16	0.23	0.26	0.26	0.26	0.23	0.16	0.15	0.25
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.79	0.78	0.65	0.53	0.41	0.28	0.41	0.53	0.65	0.78	0.79
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-2 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-2

BEAM: 3(B-C) FLOOR: 3

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30				
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280				
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74	4.13
Mu(-), ton-m:	-0.65	-0.37	-0.15	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.15	-0.37	-0.65
Mu(+), ton-m:	0.22	0.13	0.13	0.19	0.24	0.26	0.24	0.19	0.13	0.13	0.22
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.75	0.74	0.61	0.47	0.34	0.20	0.34	0.47	0.61	0.74	0.75
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50	7.50

DESIGN

B-3 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-3

BEAM: 4(B-C) FLOOR: 3

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74
Mu(-), ton-m:	-0.65	-0.37	-0.15	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.15	-0.37
Mu(+), ton-m:	0.22	0.13	0.13	0.19	0.24	0.26	0.24	0.19	0.13	0.13
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.75	0.74	0.61	0.47	0.34	0.20	0.34	0.47	0.61	0.74
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50

DESIGN

B-4 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-4

BEAM: 5(B-C) FLOOR: 3

	Length:	L = 4.33 m	a = 0.20 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30x30			
		Lu = 3.93 m	c = 0.20 m		h = 40.0 cm	Mat:	280			
X, m:	0.20	0.59	0.99	1.38	1.77	2.17	2.56	2.95	3.34	3.74
Mu(-), ton-m:	-0.75	-0.45	-0.21	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.21	-0.45
Mu(+), ton-m:	0.25	0.15	0.16	0.23	0.26	0.26	0.26	0.23	0.16	0.15
As(-), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
As(+), cm2:	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Vu, ton:	0.79	0.78	0.65	0.53	0.41	0.28	0.41	0.53	0.65	0.78
Tu, ton-m:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	7.50	7.50	7.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	7.50	7.50

DESIGN

B-5 12 #3 @ 7.5 14 #3 @ 15 12 #3 @ 7.5 C-5

4.14.5.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las columnas.

Column	Story	L (m)	Lu (m)	Sec Mat	bxh (cm)	TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
						TIES	XTIES	Sec	LdCmb critc	Pu (ton)	Mu2 (ton-m)	Mu3 (ton-m)	RHO -	As (cm ²)
C-5	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	5.14	0.19	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	5.14	0.31	0.17	0.0100	16.00
C-5	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	15	10.24	3.40	10.96	0.0125	19.94
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	15	10.24	2.85	8.53	0.0100	16.00
B-5	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	5.08	0.18	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	5.08	0.30	0.17	0.0100	16.00
B-5	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	18	9.80	3.37	11.39	0.0130	20.88
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	18	9.80	2.82	8.88	0.0100	16.00
C-4	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.87	0.08	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.87	0.09	0.17	0.0100	16.00
C-4	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	15	12.69	3.92	10.52	0.0119	19.00
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	11	15.71	10.46	2.02	0.0101	16.19
B-4	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.87	0.08	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.87	0.08	0.17	0.0100	16.00
B-4	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	18	12.22	3.88	10.67	0.0125	19.94
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	13	15.23	10.34	2.41	0.0101	16.19
C-3	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.88	0.08	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.88	0.09	0.18	0.0100	16.00
C-3	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	15	13.67	3.94	10.68	0.0125	19.94
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	12	19.29	10.44	3.08	0.0107	17.13
B-3	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	2.88	0.08	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	2.88	0.08	0.17	0.0100	16.00
B-3	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	18	13.20	3.90	10.53	0.0119	19.00
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	14	18.81	10.32	2.70	0.0101	16.19
C-2	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	5.17	0.19	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	5.17	0.31	0.17	0.0100	16.00
C-2	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	15	13.53	3.66	11.45	0.0130	20.88
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	15	13.53	3.08	8.92	0.0100	16.00
B-2	2	2.20	1.80	1 1	40x40	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	5.10	0.18	0.14	0.0100	16.00
						4 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	5.10	0.30	0.17	0.0100	16.00
B-2	1	4.85	4.53	1 1	40x40	9 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	18	13.10	3.62	11.01	0.0125	19.94
						14 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	18	13.10	3.05	8.58	0.0100	16.00

4.14.6.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas, de acuerdo con fuerzas cortantes y momentos máximos.

Footing	Floor	Mat	B m	L m	h cm	$Vu1/\phi Vc1$ $Vu2/\phi Vc2$	Dir -	Reinforcem	As cm ²	Mu ton-m
C-5	1	1	1.50	1.50	32	0.42 0.47	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.20 4.16
C-4	1	1	1.50	1.50	32	0.41 0.47	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.12 4.08
B-5	1	1	1.50	1.50	32	0.41 0.47	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.14 4.14
B-4	1	1	1.50	1.50	32	0.40 0.46	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.04 4.00
C-3	1	1	1.50	1.50	32	0.41 0.47	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.15 4.11
B-3	1	1	1.50	1.50	32	0.40 0.46	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.07 4.03
C-2	1	1	1.50	1.50	32	0.41 0.47	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.15 4.15
B-2	1	1	1.50	1.50	32	0.41 0.47	B L	7#4@22 cm 7#4@22 cm	8.640 8.640	4.11 4.13

4.15. DISEÑO DEL CENTRO COMUNITARIO

De acuerdo con el diseño del proyecto, se proyecta un Centro comunitario, el cual consiste en unas graderías cubiertas. El área aproximada es de 116 m². La cubierta será de tipo liviana, para la cual se propone un sistema de pórticos en perfiles metálicos de secciones tubulares y cajón. Las columnas de los pórticos se apoyarán sobre elementos en concreto reforzado, que, de acuerdo con el estudio de suelos, estarán cimentados en zapatas a una profundidad de 2.0 m respecto al nivel del terreno. No se incluye el cálculo de conexiones ni placas base de los elementos.

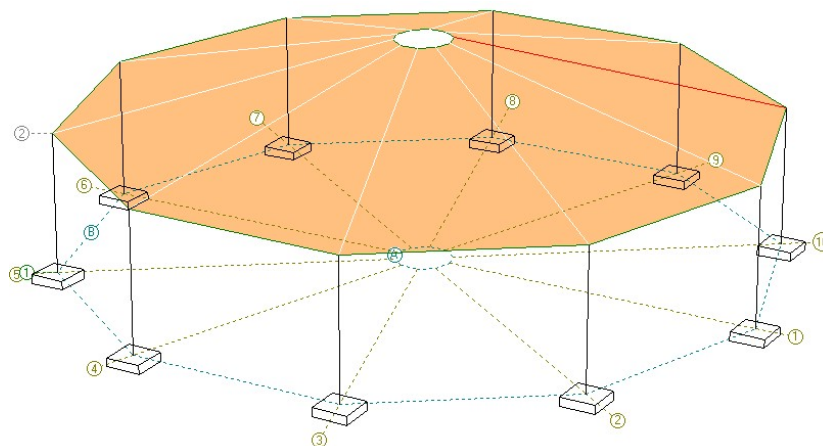
4.15.1.ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para esta estructura se realizó un modelo matemático tridimensional, en el software EngSolutions RCB, según la geometría definida para la cubierta. Como se indicó previamente, el sistema estructural corresponde a pórticos de acero. Para el presente análisis se consideró la estructura como (DMO).

Las propiedades de los materiales se asignaron según las especificaciones presentadas en el numeral 4.4. Las columnas serán de sección circular de 4" de diámetro (0.1 m) y las vigas tendrán sección rectangular de 5"x 2"x1/8".

Este modelo fue cargado con las solicitaciones debidas a cada uno de los tipos de cargas aplicables descritos en el numeral 4.5.

Figura 29 Modelo tridimensional Centro Comunitario



Fuente: WSP, 2018.

4.15.2.RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y REVISIÓN DE PERFILES

En el presente numeral se resumen los resultados del diseño obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

4.15.2.1. REVISIÓN DE COLUMNAS

C O L U M N C A P A C I T Y R A T I O S

Column	Story	Sec	Lb2	Lb3	rBA	rV3	rV2
B-6	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-5	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-7	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-4	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-8	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-3	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-9	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-2	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-10	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013
B-1	1	P 4	240	240	0.196	0.001	0.013

4.15.2.2. REVISIÓN DE VIGAS

Beam	Floor	Sec	LbTop	LbBot	rMn	rMp	rV3
A(10-9)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.414	0.000	0.001
A(9-8)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.414	0.000	0.001
A(8-7)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.414	0.000	0.001
A(7-6)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.415	0.000	0.001
A(6-5)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.415	0.000	0.001
A(5-4)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.414	0.000	0.001
A(4-3)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.414	0.000	0.001
A(3-2)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.414	0.000	0.001
A(10-1)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.415	0.000	0.001
A(2-1)	2	TS3x2x1/8	31	31	0.415	0.000	0.001
B(10-9)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(9-8)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(8-7)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(7-6)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(6-5)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(5-4)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(4-3)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(3-2)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(10-1)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
B(2-1)	2	TS3x2x1/8	371	371	0.056	0.048	0.007
10(A-B)	2	TS5x2x1/8	568	568	0.912	0.912	0.003
9(A-B)	2	TS5x2x1/8	567	567	0.912	0.912	0.003
8(A-B)	2	TS5x2x1/8	567	567	0.912	0.912	0.003
7(A-B)	2	TS5x2x1/8	568	568	0.912	0.912	0.003
6(A-B)	2	TS5x2x1/8	568	568	0.912	0.912	0.003
5(A-B)	2	TS5x2x1/8	568	568	0.912	0.912	0.003
4(A-B)	2	TS5x2x1/8	567	567	0.912	0.912	0.003
3(A-B)	2	TS5x2x1/8	567	567	0.912	0.912	0.003
2(A-B)	2	TS5x2x1/8	568	568	0.912	0.912	0.003
1(A-B)	2	TS5x2x1/8	568	568	0.912	0.912	0.003

4.15.3.DISEÑO DE CORREAS DE LA CUBIERTA

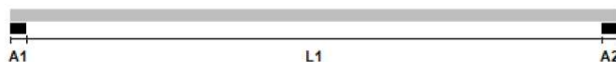
Las correas de la estructura de la cubierta se diseñan para soportar las cargas muertas, vivas y las de viento. En este caso, la presión de viento será 40 kgf/m². El diseño de las correas se realiza con el programa de Acesco, Arquimet 2.0, el cual cuenta con los ábacos de diseños de los perfiles en lámina delgadas cargados y compara las solicitaciones con la resistencia de los perfiles.

A continuación, se presenta el diseño en el programa de Acesco.

REPORTE DE CORREAS

PHR Cajón 100 x 50 x 15 (1.20 mm)
con $F_y = 35.15 \text{ Kg/mm}^2$ cada 1.50 m sin arriostramiento interior.

SECCION LONGITUDINAL



L1	3.50 m
A1	0.10 m
A2	0.10 m

CONFIGURACION	
TIPO DE CARGA	DISTRIBUIDA
Carga muerta	25.00 Kg/m ²
Peso propio correa	4.06 Kg/m
Carga viva	50.00 Kg/m ²
Carga granizo	0.00 Kg/m ²
Viento compresión (Perpendicular)	40.00 Kg/m ²
Viento succión (Perpendicular)	40.00 Kg/m ²
Pendiente sección transversal	14.036° = 25.0000%

REPORTES DE DISEÑO

REPORTE FLEXION				
	Apoyos		Interiores	
Ejes locales	3	2	3	2
Resistente (Kgf.m)	485.2284	347.8383	485.2284	347.8383
Calculado (Kgf.m)	1.1719E-04	1.5625E-05	315.5722	66.7419

REPORTE CORTANTE		
Ejes locales	2	3
Resistente (Kgf)	3239.1165	3616.3652
Calculado (Kgf)	349.4183	73.9001

REPORTE DEFLEXION		
Deflexiones máximas	Instantanea	Permanente
Admisible (m)	0.0133	0.0000
Calculado (m)	0.0092	0.0000

COMBINACIONES DE CARGA					
No	Muerta	Viva	Granizo	Viento compresión	Viento succión
1	1.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000
3	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000
4	1.2000	1.6000	0.0000	0.5000	0.0000
5	1.2000	0.0000	1.6000	0.5000	0.0000
6	1.2000	1.6000	0.0000	0.0000	0.5000
7	1.2000	0.0000	1.6000	0.0000	0.5000
8	1.2000	0.5000	0.0000	0.0000	1.0000
9	1.2000	0.0000	0.5000	0.0000	1.0000
10	1.2000	0.5000	0.0000	1.0000	0.0000
11	1.2000	0.0000	0.5000	1.0000	0.0000
12	0.9000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
13	0.9000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

REACCIONES - EJES GLOBALES (Kgf-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

APOYO 1		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	-8.2649E-07	74.8040
Viva de Cub.	-4.4317E-06	135.0000
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-26.1934	104.7755
Viento Succion	26.1934	-104.7755
Comb. 1	-1.5272E-06	104.7256
Comb. 2	-2.4675E-06	157.2648
Comb. 3	-2.5163E-07	89.7648
Comb. 4	-13.0967	358.1526
Comb. 5	-13.0967	142.1526
Comb. 6	-13.0967	358.1526
Comb. 7	-13.0967	142.1526
Comb. 8	-26.1934	262.0404
Comb. 9	-26.1934	194.5404
Comb. 10	-26.1934	262.0404
Comb. 11	-26.1934	194.5404
Comb. 12	-26.1934	172.0991
Comb. 13	-26.1934	172.0991

APOYO 2		
Combinacion	Rx	Ry
Muerta	-8.2649E-07	74.8040
Viva de Cub.	2.9698E-06	135.0000
Granizo	0.0000	0.0000
Viento Comp.	-26.1934	104.7755
Viento Succion	26.1934	-104.7755
Comb. 1	-1.5272E-06	104.7256
Comb. 2	1.2333E-06	157.2648
Comb. 3	-2.5163E-07	89.7648
Comb. 4	-13.0967	358.1526
Comb. 5	-13.0967	142.1526
Comb. 6	-13.0967	358.1526
Comb. 7	-13.0967	142.1526
Comb. 8	-26.1934	262.0403
Comb. 9	-26.1934	194.5403
Comb. 10	-26.1934	262.0403
Comb. 11	-26.1934	194.5403
Comb. 12	-26.1934	172.0991
Comb. 13	-26.1934	172.0991

FUERZAS INTERNAS - EJES LOCALES (Kgf-m)

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

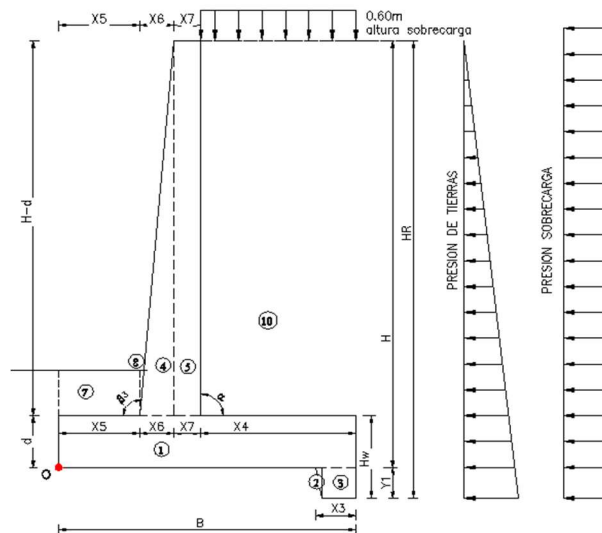
APOYO 1				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	18.1423	72.5706	0.0000	-7.8125E-06
Viva de Cub.	32.7418	130.9694	-1.9531E-06	-7.8125E-06
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	108.0000	0.0000	-1.5625E-05
Viento Succion	0.0000	108.0000	0.0000	-1.5625E-05
Comb. 1	25.3993	101.5989	0.0000	-1.0937E-05
Comb. 2	38.1417	152.5695	-9.7656E-07	-1.3281E-05
Comb. 3	21.7708	87.0848	0.0000	-9.3750E-06
Comb. 4	74.1576	350.6358	-3.1250E-06	-2.9688E-05
Comb. 5	21.7708	141.0848	0.0000	-1.7187E-05
Comb. 6	74.1576	350.6358	-3.1250E-06	-2.9688E-05
Comb. 7	21.7708	141.0848	0.0000	-1.7187E-05
Comb. 8	38.1417	260.5695	-9.7656E-07	-2.8906E-05
Comb. 9	21.7708	195.0848	0.0000	-2.5000E-05
Comb. 10	38.1417	260.5695	-9.7656E-07	-2.8906E-05
Comb. 11	21.7708	195.0848	0.0000	-2.5000E-05
Comb. 12	16.3281	173.3136	0.0000	-2.2656E-05
Comb. 13	16.3281	173.3136	0.0000	-2.2656E-05

APOYO 2				
Combinacion	R2	R3	M2	M3
Muerta	18.1423	72.5706	0.0000	-2.3438E-05
Viva de Cub.	32.7418	130.9694	-9.7656E-06	8.5937E-05
Granizo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Viento Comp.	0.0000	108.0000	0.0000	1.5625E-05
Viento Succion	0.0000	108.0000	0.0000	1.5625E-05
Comb. 1	25.3993	101.5989	0.0000	-3.2812E-05
Comb. 2	38.1417	152.5695	-4.8828E-06	1.4844E-05
Comb. 3	21.7708	87.0848	0.0000	-2.8125E-05
Comb. 4	74.1576	350.6357	-1.5625E-05	1.1719E-04
Comb. 5	21.7708	141.0848	0.0000	-2.0313E-05
Comb. 6	74.1576	350.6357	-1.5625E-05	1.1719E-04
Comb. 7	21.7708	141.0848	0.0000	-2.0313E-05
Comb. 8	38.1417	260.5695	-4.8828E-06	3.0469E-05
Comb. 9	21.7708	195.0848	0.0000	-1.2500E-05
Comb. 10	38.1417	260.5695	-4.8828E-06	3.0469E-05
Comb. 11	21.7708	195.0848	0.0000	-1.2500E-05
Comb. 12	16.3281	173.3136	0.0000	-5.4687E-06
Comb. 13	16.3281	173.3136	0.0000	-5.4687E-06

4.15.4.DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN

Para la conformación de las graderías se requiere dos muros de contención. A continuación, se presenta el diseño del muro de 2.8 m de altura, por ser el más crítico.

Gráfica 9Esquema de análisis muro de contención



Fuente: WSP, 2018.

MURO H_{LIBRE} =2.80 metros - EMPOTRAMIENTO DE 1 m

Caso 1: Análisis drenado

RELLENO SELECCIONADO

SUELO		radianes	RELLENO	Radianes	MURO		Radianes
C (t/m ²)	0.0				0.58		
ϕ	28.0	0.489	ϕ	32	δ (*)	18.67	0.326
$\beta_{1\max}$	0.0	0.000	γ (t/m ³)	2	α	90	1.571
β_2	0.0	0.000	γ (KN/m ³)	20	β_3	90	1.571
Angulo 45°	45	0.785	Altura relleno (m)	2.50	Sobrecarga	0.00	t/m ²
γ (t/m ³)	1.90		Ancho muro (B)(m)	1.80	(viva + peso pavimento)		
Angulo 180°	3.142				δ (*): se considera el ϕ residual : fricción suelo - suelo		
Combinación ángulos	seno		Seno ²	tan	Estructura de pavimento:		
180 - β_3	1.571			0.000	h_{pav}	0.00	m
FACTORES DE SEGURIDAD					γ_{pav}	2.25	T/m ³
ESTATICOS					q_{viva}	0.00	T/m ²
Volcam.	3.25				hsobre	0.6	m
Desliz.	1.62				22.50 KN/m3		
Cap. Port.	2.11				0.00 KN/m2		
$e < B/3$	0.15						
B/3	0.60						

DIMENSIONES	
L (Sección)	6.00
H	2.50
Y1	1.00
Y2	0.00
D	1.00
h	0.000
d	0.30
HR	3.50
X ₃	0.00
X ₄	0.75
X ₅	0.75
X ₆	0.00
X ₇	0.30
B	1.80
H _w	1.30

ANALISIS ESTATICO

$K_a = 0.360$ Estudio de suelos
 $K_p = 2.770$

EMPUJE DE TIERRAS

EMPUJE DE SOBRECARGA

$P_a = 2.25 \text{ t/m}$ $\approx 22.50 \text{ KN/m}$ $P_{\text{SOBRECARGA}} = 0.00 \text{ t/m}$ $\approx 0.00 \text{ KN/m}$

Lugar de aplicación de la carga, medida desde la base del muro :

$Y_a = 0.83 \text{ m}$ $Y_{\text{sobrecarga}} = 1.25 \text{ m}$

ESTABILIDAD AL VOLCAMIENTO

Mr punto o		W Concreto=		2.4					
Figura	DIMENSIONES		AREA m2	MATERIAL t/m3	PESO t/ml	BRAZO m	Momento		
	B (m)	H (m)					tm/ml	KN/ml	
1	1.80	0.30	0.54	2.4	1.30	0.90	1.17	11.66	
2	0.00	1.00	0.00	2.4	0.00	0.75	0.00	0.00	
3	0.00	1.00	0.00	2.4	0.00	1.80	0.00	0.00	
4	0.00	2.20	0.00	2.4	0.00	0.75	0.00	0.00	
5	0.30	2.20	0.66	2.4	1.58	0.90	1.43	14.26	
6	0.00	2.20	0.00	2.4	0.00	1.05	0.00	0.00	
7	0.75	0.70	0.53	2.0	1.05	0.38	0.39	3.94	
8	0.00	0.00	0.00	2.0	0.00	0.75	0.00	0.00	
9	0.00	2.20	0.00	2.0	0.00	1.05	0.00	0.00	
10	0.75	2.20	1.65	2.0	3.30	1.43	4.70	47.03	
Suma					7.2	subtotal	7.7	76.88	
P _{av}					0.00	1.80	0.00	0.00	
P _{ph}					2.63	0.33	0.88	8.77	
Total					7.23		8.57	85.65	

Mo punto o

P_{ah}	2.25 t/m	0.83 t/m	1.88 t/m
	22.50 KN/m	8.33 KN/m	18.75 KN/m
P_w	0.85 t/m	0.43 t/m	0.37 t/m
	8.45 KN/m	4.33 KN/m	3.66 KN/m
$P_{\text{SOBREC}} =$	0.00 t/m	1.25 t/m	0.00 t/m
	0.00 KN/m	12.50 KN/m	0.00 KN/m

Se considera la presencia de agua por debajo del filtro
 Incluye carga viva

F.S. No =	3.82	considerando P_{av} y rellenos pasivos
F.S. No =	3.43	considerando rellenos pasivos
F.S. No =	3.25	sin P_{av} y sin rellenos pasivos

Nota: P_{av} sólo se considera para análisis al volcamiento

	Res I
$\phi M_R / \gamma M_A$	2.21
	2.46

sin rellenos pasivos
 considerando rellenos pasivos

ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

Resist. Corte:		C*B	0.00 t/m	$\approx 0.00 \text{ KN/m}$
Resist. Fricción:		W*0.6	3.71 t/m	$\approx 37.08 \text{ KN/m}$
Presión pasiva		P_{ph}	2.63 t/m	$\approx 26.31 \text{ KN/m}$
		Total	6.34	$\approx 63.39 \text{ KN/m}$

P_{ah} :	2.25 t/m	$\approx 22.50 \text{ KN/m}$
P_w	0.85 t/m	$\approx 8.45 \text{ KN/m}$
$P_{\text{SOBREC}} =$	0.00 t/m	$\approx 0.00 \text{ KN/m}$

Cadhesión = 0.5C'

Tabla 3.11.5.3.1

F.S. Ns:	2.05	considerando el empuje pasivo
F.S. Ns:	1.20	sin considerar el empuje pasivo
F.S. Ns:	1.62	considerando $K_p/(F.S.=2)$

LOCALIZACION DE LA RESULTANTE SOBRE LA BASE DEL MURO

Resist 1			
Mneto:	5.45 t/m	3.86 t/m	$\approx 38.57 \text{ KN/m}$
X centr. :	0.75	0.65	m
e:	0.15	0.25	m
B/3 :	0.60	0.30	m

Medidos desde el punto O

OK está en el tercio medio

CAPACIDAD PORTANTE

$q_{\text{ult suelo}} = 33.3 \text{ t/m}^2$ 333 KN/m^2
 $q_{\text{adm suelo}} = 15.0 \text{ t/m}^2$ 150 KN/m^2 Ver estudio de suelos

Presiones aplicadas al suelo:

Resist 1			
$q_{\text{máx}} =$	7.1 t/m ²	9.5 t/m ²	95 KN/m ²
$q_{\text{mín}} =$	2.4 t/m ²	0.9 t/m ²	9 KN/m ²

F.S. =	2.11
F.S. =	2.11

$\phi Q_{ult}/R1$	Res I
	1.58
	15.83

$\phi V_R / \gamma V_A$	Res I
	1.20
	1.20

sin rellenos pasivos
 considerando rellenos pasivos

GEOMETRIA Y MATERIALES ESTRUCTURA

DATOS ESTRUCTURA

Altura libre del muro	(H-d)	2.20 m
Zarpa delantera	(X5)	0.75 m
Zarpa trasera	(X8)	0.75 m
Altura de la zarpa	d	0.30 m
Base muro	(B)	1.80 m
Ancho superior vástago	(X7)	0.30 m
Vástago inferior	(X6+X7+X8)	0.30 m
Altura del diente	(Y1)	1.00 m

DATOS DE DISEÑO

f_c	21.1 Mpa
f_y	420 Mpa

RECUBRIMIENTO DEL ACERO

R=	0.050 m
----	---------

REFUERZO MURO

CONDICION ESTATICA

EMPUJE DE TIERRAS

P_a	22.05 kN/m
Etoral	22.05 kN/m

EMPUJE DE SOBRECARGA

$P_{sobrecarga}$	0.00 kN/m
------------------	-----------

CONDICION DINAMICA

EMPUJE DE TIERRAS ADICIONAL

$P_{a\text{ din}}$	-0.29 kN/m
Etoral	21.76 kN/m

CORTANTE

HIPOTESIS DE CARGA 1

V_{base}	22.05 kN/m
V_u	33.08 kN/m
w_u	110.25 kN/m
ϕV_c	574.18 kN/m

HIPOTESIS DE CARGA 2

V_{base}	21.76 kN/m
V_u	32.78 kN/m
w_u	109.28 kN/m
ϕV_c	574.18 kN/m

FLEXION

HIPOTESIS DE CARGA 1

M_{base}	14.23 Kn.m
M_u	24.90 kN/m
b	1 m
h	0.30 m
d'	0.050 m
d	0.25 m
f_c	21 MPa
f_y	420 MPa
ρ Diseño	0.0011

HIPOTESIS DE CARGA 2

M_{base}	12.19 Kn.m
M_u	18.45 kN/m
b	1 m
h	0.30 m
d'	0.050 m
d	0.25 m
f_c	21 MPa
f_y	420 MPa
ρ Diseño	0.0008

ARMADURA CARA EXPUESTA

ρ Minima	0.0020
A_s	6.00 cm ²
$A_{s\text{ min}}$	2.6 cm ²
A_s diseño	3.00 cm ²
Barra No	4
Cant	3
S	0.33 m

CADA CARA

1 No 4 c/0.33 m

ρ Máxima 0.01614373

ρ Minima	0.0020
A_s	2.67 cm ²
Barra No	4
Cant	3
S	0.33 m

1 No 4 c/0.33 m

ρ Diseño	0.0008
ρ Minima	0.0020
A_s	2.50 cm ²
Barra No	4
Cant	2
S	0.50 m

1 No 4 c/0.5 m

	CASO 1		CASO 2		Vastago	d	w		As _{min}	As _{Requerido}	Barra No.	Separación
y(m)	Vu(KN)	Mu (NK-M)	Vu(KN)	Mu (NK-M)	(m)	(m)	kN/m		cm ² /ml	cm ² /ml		m
1.10	6.40	3.49	6.35	2.31	0.300	0.250	25.61	OK	2.50	0.37	4	0.50
1.38	10.01	6.52	9.92	4.50	0.300	0.250	40.02	OK	2.50	0.69	4	0.50
1.65	14.41	10.93	14.28	7.78	0.300	0.250	57.63	OK	2.50	1.16	4	0.50
2.20	25.61	24.90	25.39	18.45	0.300	0.250	102.45	OK	2.50	2.67	4	0.33

VOLADIZO DE LA BASE

σ_{max}	58.60 kN/m ²
σ_{min}	20.13 kN/m ²
σ_{a-b}	42.57 kN/m ²

CORTANTE

HIPOTESIS DE CARGA 1

V_{a-b}	32.54 kN/m
V_u	48.81 kN/m
w_u	162.69 kN/m ²
ϕV_c	689.02 kN/m ²

ARMADURA DE RETRACCIÓN

ρ Minima	0.0020
A_s	5.00 cm ²
$A_{s\text{ min}}$	1.95 cm ²
A_s diseño	2.50 cm ²
Barra No	4
Cant	2
S	0.50 m

1 No 4 c/0.5 m

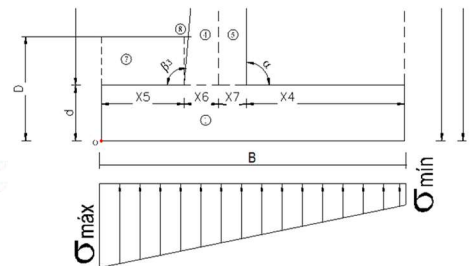
FLEXION

HIPOTESIS DE CARGA 1

M_{a-b}	12.95 Kn.m/m
M_u	19.43 kN-m/m
b	1 m
h	0.30 m
d'	0.050 m
d	0.25 m
f_c	21 MPa
f_y	420 MPa
ρ Diseño	0.0008

ρ Minima	0.0020
A_s	5.00 cm ²
Barra No	5
Cant	3
S	0.33 m

1 No 5 c/0.33 m



4.16. DISEÑO DEL MURO DE CERRAMIENTO

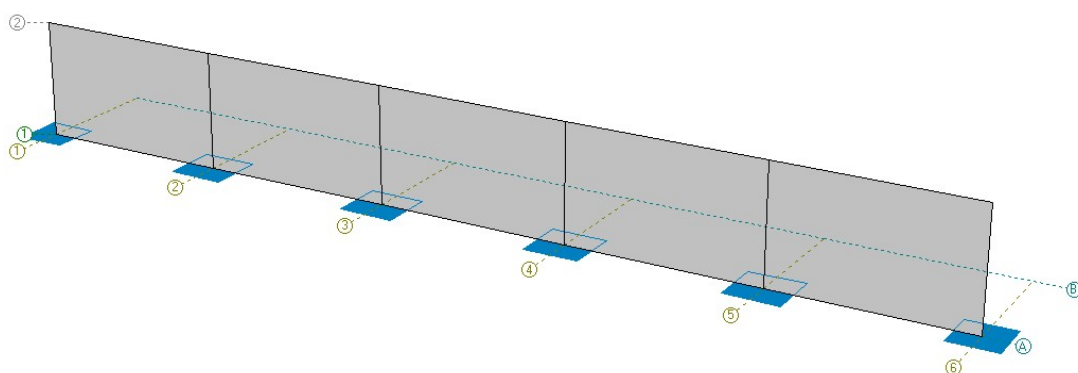
De acuerdo con el diseño del proyecto, se requiere un muro de cerramiento para el lote de la planta. Por consideraciones de seguridad, se proyecta un muro en mampostería confinada por vigas y columnas de concreto reforzado. De acuerdo con el estudio de suelos, el muro se cimentará mediante zapatas en concreto.

Para los elementos de confinamiento y cimentación del muro se especifica un concreto con resistencia a la compresión, f'_c , de 21 MPa. El muro tendrá una altura de 1.8 m medida a partir del nivel del terreno.

En el modelo de análisis, además del peso propio, se consideró una sobrecarga muerta debida al peso del alambre de púas y/o malla eslabonada, en caso en que se llegué a necesitar.

El diseño considera, además, las cargas laterales producidas por viento y sismo. El sismo se calcula mediante la masa asociada a la mampostería y elementos de confinamiento. Por su parte el viento se calcula mediante la formulación del Título B del Reglamento NSR-10, como se presenta más adelante.¹

Figura 30 Modelo muro de cerramiento



Fuente: WSP, 2018.

4.16.1.CARGA DE VIENTO

Se calcula la presión de viento para el muro mediante el análisis como muro o valla cerrada del literal B.6.5.1.4 del Reglamento NSR-10.

VIENTO PARA MUROS O VALLAS

B.6.5.14

$F = qh G C_f A_s$

(N)

presión por velocidad evaluada a una altura h

qh

FIGURA B.6.5-17 usando exposición B.6.5.6.4.1

G

factor de ráfaga B.6.5.8

C_f

Coficiente de fuerza neta FIGURA B.6.5-17

A_s

área bruta del muro libre y sólido o la valla sólida

Factor de importancia, I : 0.87 (grupo I)

Exposición: C

$B = 40.0$ m

s =	3.0	m
h =	1.8	m
Relación s/h =	1.7	
Relación B/s =	13.3	
As =	3.00	m ² /m
Factor de ráfaga G =	0.85	
Cf (caso A y B) =	1.30	
Cf (caso C) =	1.80	
Factor de reducción =	0.133	Para caso C
Cf (caso C) * reducción =	0.24	
Cf =	1.30	
α =	9.50	
Zg =	274.30	
Z =	4.50	m
Kz =	0.83	
K1 =	0.00	
K2 =	0.00	
K3 =	0.00	
Kzt =	1.00	
Kd =	0.85	
V ² =	35.0	m/s
qh =	0.46	kN/m ²
qh =	45.8	kg/m ²
F =	1.52	kN
F =	0.15	t
		0.51 kN/m ²

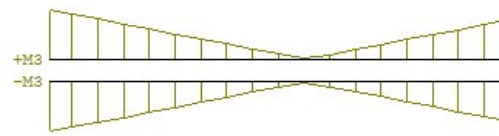
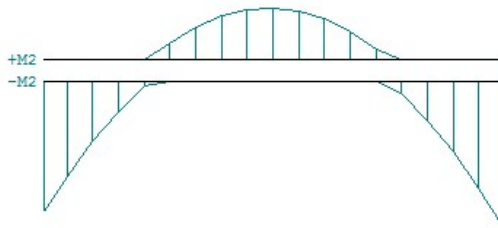
Presión mínima SPRFV	0.4	kN/m ²	B.6.1.3
	40	kg/m ²	

4.16.2.RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Del modelo realizado, se obtienen las fuerzas internas en cada elemento y los esfuerzos en el suelo. En el presente numeral se resumen los principales resultados obtenidos según las cargas y combinaciones de carga consideradas. Como anexo se entrega, en formato digital, el listado de datos de entrada y salida del modelo realizado.

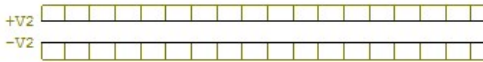
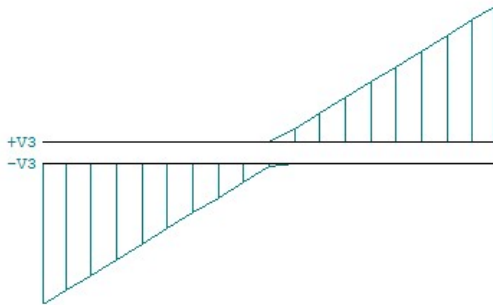
4.16.2.1. SOLICITACIONES MÁXIMAS DE VIGAS Y COLUMNAS

Envolvente de momento en vigas



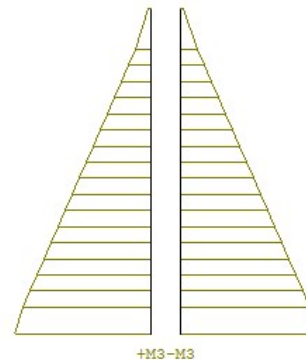
X, m:	0.00	0.15	0.49	0.83	1.16	1.50	1.84	2.18	2.51	2.85	3.00
-M2, ton::	-0.26	-0.19	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08	-0.21	-0.28
+M2, ton::	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.10	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00
-M3, ton-m::	-0.10	-0.09	-0.07	-0.05	-0.03	-0.01	-0.01	-0.03	-0.05	-0.07	-0.08
+M3, ton-m::	0.10	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08

Envolvente de cortante en vigas



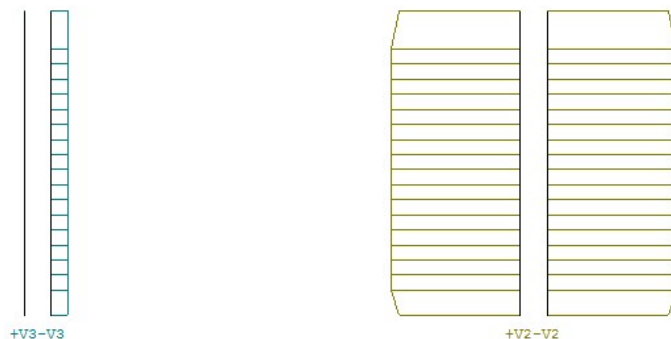
X, m:	0.00	0.15	0.49	0.83	1.16	1.50	1.84	2.18	2.51	2.85	3.00
-V3, ton::	-0.50	-0.45	-0.34	-0.23	-0.12	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+V3, ton::	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.21	0.33	0.44	0.49
-V2, ton-m::	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
+V2, ton-m::	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

Envolvente de momento en columnas



X, m:	0.00	0.15	0.33	0.51	0.68	0.86	1.04	1.22	1.40	1.58	1.80
-M2, ton::	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.03	-0.04	-0.06	-0.08
+M2, ton::	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-M3, ton-m::	-1.16	-1.09	-0.97	-0.85	-0.73	-0.61	-0.49	-0.37	-0.25	-0.13	-0.03
+M3, ton-m::	1.16	1.09	0.97	0.85	0.73	0.61	0.49	0.37	0.25	0.13	0.03

Envolvente de cortante en columnas



X, m:	0.00	0.15	0.33	0.51	0.68	0.86	1.04	1.22	1.40	1.58	1.80
-V3, ton::	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
+V3, ton::	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-V2, ton-m::	-0.63	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.63
+V2, ton-m::	0.63	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.63

4.16.2.2. ESFUERZOS EN EL SUELO

Los esfuerzos máximos obtenidos no superan el valor de capacidad portante reportada en el estudio de suelos.

Load combinations : Service

Type of contact pressure: Linear, $P_{max}P_{min} = R_z/A (1 \pm e_b/S_3 \pm e_l/S_2)$

Self weight of footing: $0.10 R_z (D_0 + DL)$

Group	Floor	Rz max ton	Rz min ton	Pc max ton/m2	Pc min ton/m2	Pc/Pa max	Pc/Pa min
A-6	1	1.86	1.18	7.15	-4.03	0.19	-0.11
A-5	1	4.19	2.67	9.81	-2.71	0.27	-0.07
A-4	1	4.04	2.57	9.18	-2.50	0.25	-0.07
A-3	1	4.04	2.57	9.25	-2.56	0.25	-0.07
A-2	1	4.19	2.67	9.81	-2.71	0.27	-0.07
A-1	1	1.86	1.18	7.15	-4.03	0.19	-0.11

4.16.3.DISEÑO DE VIGAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las vigas.

BEAM: A(2-3) FLOOR: 1

	Length:	L = 3.00 m	a = 0.00 m	Section:	b = 30.0 cm	Sec:	V30X30				
		Lu = 3.00 m	c = 0.00 m		h = 30.0 cm	Mat:	Concrete				
X, m:	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00
Mu(-), ton-m:	-0.20	-0.08	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.12	-0.24
Mu(+), ton-m:	0.07	0.05	0.05	0.07	0.11	0.12	0.10	0.05	0.05	0.05	0.08
As(-), cm2:	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
As(+), cm2:	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
Vu, ton:	0.36	0.35	0.26	0.17	0.09	0.03	0.11	0.19	0.29	0.38	0.39
Tu, ton-m:	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Stirrup:	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3	#3
Spacing, cm:	6.25	6.25	6.25	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	6.25	6.25	6.25

DESIGN

A-2	11 #3 @ 6.25	13 #3 @ 12.5	11 #3 @ 6.25	A-3
-----	--------------	--------------	--------------	-----

4.16.4.DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo y solicitaciones máximas obtenidas para cada una de las columnas.

Column	Story	L (m)	Lu (m)	Sec Mat	bxh (cm)	TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
						TIES	XTIES	Sec	LdCmb critc	Pu (ton)	Mu2 (ton-m)	Mu3 (ton-m)	RHO -	As (cm ²)
A-6	1	1.80	1.43	1 2	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.22	0.09	0.03	0.0100	9.00
						2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.22	0.10	0.03	0.0100	9.00
A-5	1	1.80	1.43	1 2	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.76	0.06	0.04	0.0100	9.00
						2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.76	0.06	0.04	0.0100	9.00
A-4	1	1.80	1.43	1 2	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.58	0.04	0.04	0.0100	9.00
						2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.58	0.04	0.04	0.0100	9.00
A-3	1	1.80	1.43	1 2	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.58	0.04	0.04	0.0100	9.00
						2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.58	0.04	0.04	0.0100	9.00
A-2	1	1.80	1.43	1 2	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.76	0.06	0.04	0.0100	9.00
						2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.76	0.06	0.04	0.0100	9.00
A-1	1	1.80	1.43	1 2	30x30	6 #3 @ 10 cm (end)	1 (b)	Top	1	1.22	0.09	0.03	0.0100	9.00
						2 #3 @ 20 cm (ctr)	1 (h)	Bot	1	1.22	0.10	0.03	0.0100	9.00

4.16.5.DISEÑO DE ZAPATAS

Se presenta el resumen de las áreas de refuerzo obtenidas para las zapatas, de acuerdo con fuerzas cortantes y momentos máximos.

Design results - Footings

Footing	Floor	Mat	B m	L m	h cm	$Vu1/\phi Vc1$ $Vu2/\phi Vc2$	Dir -	Reinforcem	As cm ²	Mu ton-m
A-6	1	2	1.00	1.00	30	0.12 0.14	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.52 0.16
A-5	1	2	1.00	1.00	30	0.15 0.18	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.67 0.37
A-4	1	2	1.00	1.00	30	0.15 0.17	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.66 0.33
A-3	1	2	1.00	1.00	30	0.15 0.18	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.66 0.33
A-2	1	2	1.00	1.00	30	0.15 0.18	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.67 0.37
A-1	1	2	1.00	1.00	30	0.12 0.14	B L	5#4@21 cm 5#4@21 cm	5.400 5.400	0.52 0.16

4.17. DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETOS

En los siguientes numerales se presenta el diseño de las mezclas de concreto para el proyecto.

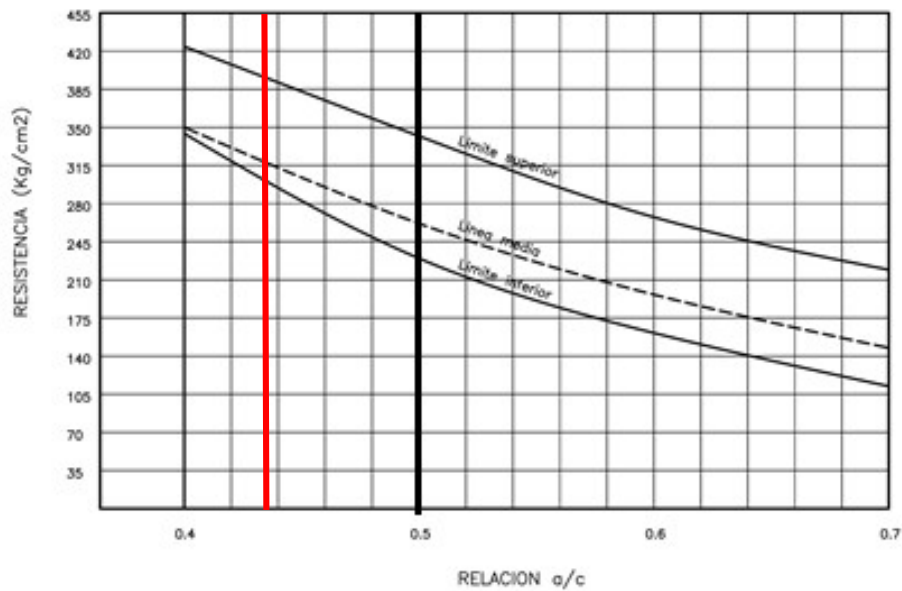
4.17.1.ASENTAMIENTO Y CONTENIDO DE AGUA

Con el fin de garantizar una adecuada manejabilidad del concreto, se estableció el asentamiento en 7.5 cm y el contenido de agua en 200 kg/m³ para un tamaño máximo del agregado grueso de 3/4".

4.17.2.RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c) Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ESPERADA

De acuerdo con la figura, con una relación a/c = 0.45, se esperaba obtener una resistencia a la compresión del concreto de 28MPa. Este valor puede variar ya que estos valores corresponden a mezclas elaboradas con cemento tipo I. Para un concreto de 21 MPa se toma una reacción a/c=0.5.

Figura 31 Mapa de amenaza eólica



Fuente: Correspondencia entre la resistencia a compresión y la relación a/c para los cementos colombianos, portland tipo I en concretos sin aire incluido (Sanchez, 2001)..

4.17.3. DOSIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO

A partir de la caracterización de los materiales y los parámetros establecidos para el diseño, se realizó la correspondiente dosificación de los componentes, teniendo en cuenta la respectiva corrección de pesos por humedad y absorción de los agregados.

4.17.3.1.MEZCLA 1 - 28 MPa

CEMENTO: TIPO 1

Densidad = 3.09 g/cm³ 100%

Agregado Grueso:

Masa unitaria suelta: 1270 kg/m³

Masa unitaria compacta: 1470 kg/m³

Densidad aparente seca: 2.77 g/cm³

Absorción 1.5%

Coeficiente de forma: 0.25

Tamaño máximo 3/4 "

Tamaño máximo nominal:	3/4 "
------------------------	-------

Agregado Fino Natural (AFN):	
Masa unitaria suelta:	1580 kg/m ³
Masa unitaria compacta:	1700 kg/m ³
Densidad aparente seca:	2.65 g/cm ³
Absorción:	2.1%

Agregado Fino Reciclado (AFR)	
Masa unitaria suelta:	1250 kg/m ³
Masa unitaria compacta:	1366 kg/m ³
Densidad aparente seca:	2.59 g/cm ³
Absorción:	10.5%

1 Asentamiento	=	3 "	=	76.2 mm
2 Tamaño máximo nominal del agregado	=	0.75 "	=	19.1 mm
3 Contenido de aire	=	2%		
4 Contenido de agua	=	200 kg/m ³		
5 Volumen de agua	=	0.2 m ³ /M ³		

6	RELACIÓN AGUA CEMENTO	0.450
---	--------------------------	-------

7 CONTENIDO DE CEMENTO (C)				
C=	$\frac{200}{0.450}$	=	444.4 kg/m ³	VOL = 0.1438 m ³ /M ³

VOLUMEN AGREGADOS

$$V_{\text{AGREGADOS}} = 0.64 \text{ m}^3/\text{M}^3 \quad 318.4116 \text{ m}^3/\text{M}^3 \quad 882$$

$$\% \text{ GRAVA OPTIMO} = 50\% \quad \text{Vol GRAVA} = 0.32 \text{ m}^3/\text{M}^3$$

$$\% \text{ ARENA OPTIMO} = 50\%$$

$\rho_{\text{promedio AF}} = 2.65 \text{ g/cm}^3$

DENSIDAD PROMEDIO

$\rho_{\text{promedio}} = 2.71 \text{ g/cm}^3$

Masa grava = 862 kg/m³

Masa arena = 862 kg/m³

ADITIVO = 1.20% del peso del material cementante Densidad = 1.18 g/cm³

ADITIVO = 5.33 kg/m³ Vol = 0.0045 m³/M³

Tabla 32 Mezcla 1 – 28 MPa

INGREDIENTE	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen Absoluto
	kg/m ³	g/cm ³	m ³ /M ³
Cemento	444.4	3.09	0.14
Plastificante	5.3	1.18	0.005
AIRE	0.0	0.00	0.02
Agua	200	1.00	0.20
Agregado Grueso	861.58	2.770	0.31
Agregado Fino	861.58	2.650	0.33
	2373		1.00

Fuente: WSP - 2018

4.17.3.2. MEZCLA 2 – 21 MPa

CEMENTO: TIPO 1

Densidad = 3.09 g/cm³

Agregado Grueso:

Masa unitaria suelta: 1270 kg/m³

Masa unitaria compacta: 1470 kg/m³

Densidad aparente seca: 2.77 g/cm³

Absorción 1.5%

Coefficiente de forma: 0.25

Tamaño máximo	3/4 "
Tamaño máximo nominal:	3/4 "

Agregado Fino Natural (AFN):	
Masa unitaria suelta:	1580 kg/m ³
Masa unitaria compacta:	1700 kg/m ³
Densidad aparente seca:	2.65 g/cm ³
Absorción:	2.1%

Agregado Fino Reciclado (AFR)	
Masa unitaria suelta:	1250 kg/m ³
Masa unitaria compacta:	1366 kg/m ³
Densidad aparente seca:	2.59 g/cm ³
Absorción:	10.5%

1 Asentamiento	=	3 "	=	76.2 mm
2 Tamaño máximo nominal del agregado	=	0.75 "	=	19.1 mm
3 Contenido de aire	=	2%		
4 Contenido de agua	=	200 kg/m ³		
5 Volumen de agua	=	0.2 m ³ /M ³		

RELACIÓN AGUA CEMENTO		0.500
6		

7 CONTENIDO DE CEMENTO (C)				
C=	$\frac{200}{0.500}$	=	400.0 kg/m ³	VOL = 0.1294 m ³ /M ³

VOLUMEN AGREGADOS

$$V_{\text{AGREGADOS}} = 0.65 \text{ m}^3/\text{M}^3 \quad 318.4116 \text{ m}^3/\text{M}^3$$

$$\% \text{ GRAVA OPTIMO} = 50\% \quad \text{Vol GRAVA} = 0.33 \text{ m}^3/\text{M}^3$$

% ARENA OPTIMO= 50%

δ promedio AF= 2.65 g/cm³

DENSIDAD PROMEDIO

δ promedio= 2.71 g/cm³

Masa grava= 881 kg/m³

Masa arena= 881 kg/m³

ADITIVO=	1.20%	del peso del material cementante	Densidad	=	1.18 g/cm ³
ADITIVO=	4.80	kg/m ³	vol=	0.0041	m ³ /M ³

Tabla 33Mezcla 2 - 21 MPa

INGREDIENTE	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen Absoluto
	kg/m ³	g/cm ³	m ³ /M ³
Cemento	400.0	3.09	0.13
Plastificante	4.8	1.18	0.004
AIRE	0.0	0.00	0.02
Agua	200	1.00	0.20
Agregado Grueso	881.06	2.770	0.32
Agregado Fino	881.06	2.650	0.33
	2367		1.00

Fuente: WSP - 2018

4.17.4.LIMITACIONES

Las características de los materiales deberán ser verificadas antes de iniciar la obra y dependerán de los materiales disponibles en el sitio. Igualmente, las correcciones por humedad y absorción de los materiales, deben realizarse antes de mezclar.

4.18. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los diseños estructurales se deberán actualizar, modificar y complementar según los estudios y diseños de detalle de cada una de las disciplinas o especialidades relacionadas.
- La implantación de las estructuras se deberá revisar y ajustar con base en la topografía de detalle de cada una de los sitios en los que se ubiquen las estructuras. Esto puede implicar modificaciones, ajustes y complementaciones a las soluciones entregadas en el presente documento.
- Los diseños de detalle de las estructuras hidráulicas se deberán ajustar a partir de los diseños hidráulicos finales y las especificaciones de equipos a utilizar, que sean definidas para el proyecto.
- Para el diseño estructural de detalle se deberá realizar el estudio de suelos y geotecnia, para cada estructura, de acuerdo con los requisitos establecidos en la normatividad vigente. Asimismo, para las edificaciones se deberán realizar los diseños de detalle arquitectónico y de redes hidrosanitarias, eléctricas y mecánicas,
- Las cantidades entregadas en el presente documento se realizaron con base en los diseños presentados, por lo que se deberán revisar y ajustar según diseños de construcción.
- Para las estructuras metálicas, se deberán diseñar y detallar las conexiones entre elementos y sus especificaciones. Igualmente, se deberán incluir las especificaciones de limpieza y protección anticorrosiva.
- Se deberán desarrollar especificaciones generales y particulares para construcción.
- Para los tanques contenedores de líquidos, su análisis sísmico debe tener en consideración la normativa AIS 180-13 y ACI 350.3, donde se tiene en cuenta el efecto que produce el líquido contenido en las paredes del tanque durante los movimientos sísmicos.

5. DISEÑO GEOTÉCNICO



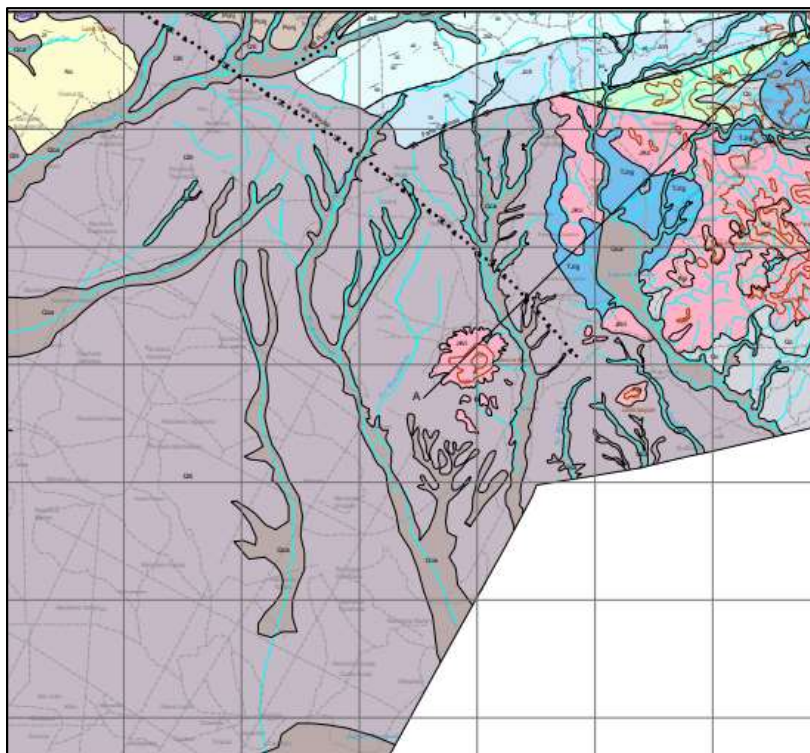
5.1. ALCANCE

En este capítulo se presentan los estudios realizados con el fin de estimar la capacidad y reacción del suelo de fundación de los elementos principales que conforman las estructuras hidráulicas y edificaciones que se han propuesto para el proyecto y las cantidades de obra estimadas para su construcción.

No se incluye campaña de exploración, la cual deberá atender las recomendaciones señaladas en el presente estudio, y deberá cumplir con lo establecido en las normas técnicas colombianas, especialmente NSR-10.

5.2. GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

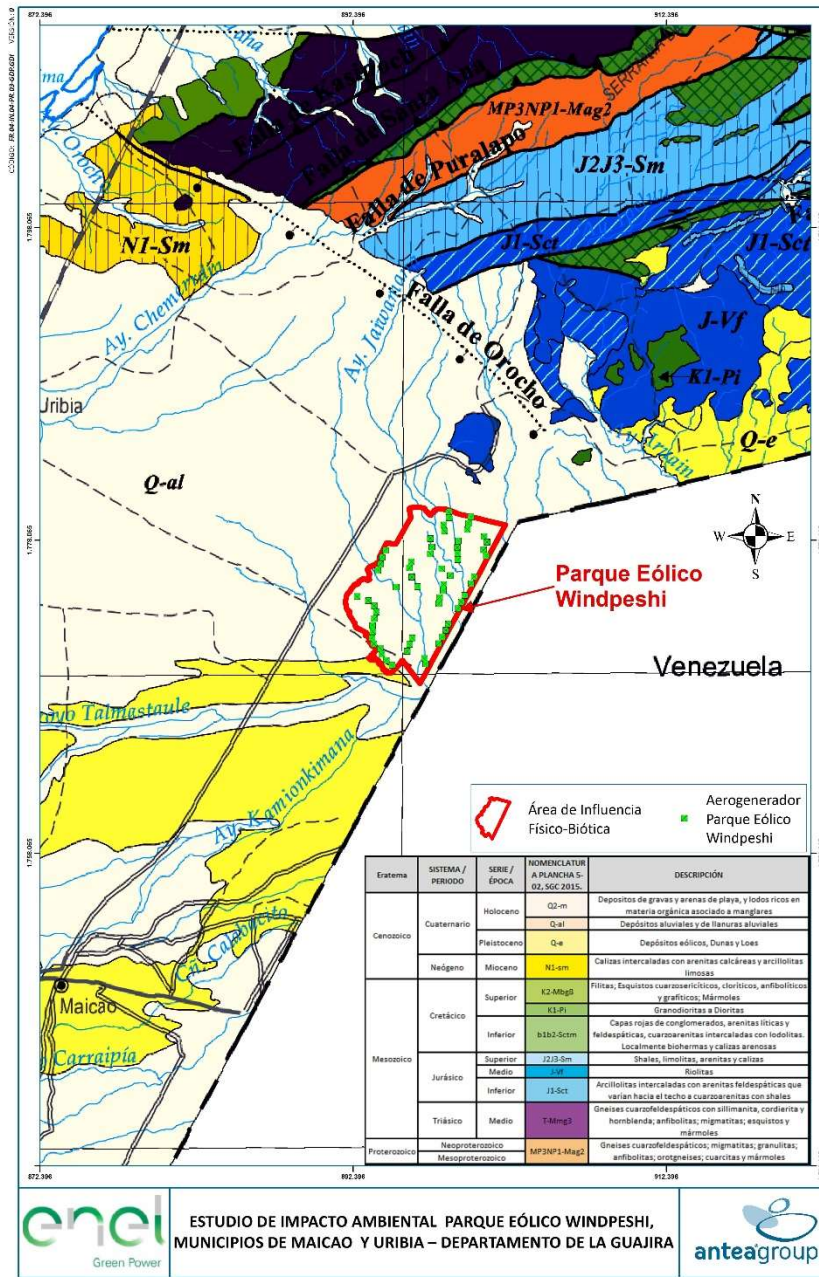
Figura 32 Mapa geológico de la zona de estudio



Fuente: Servicio geológico colombiano Plancha 10.

El área de interés se ubica en la Plataforma de Maracaibo y consiste en un cinturón de rocas volcánicas y plutónicas del Triásico-Jurásico suprayacidas por rocas volcanoclásticas mayormente subaéreas; que son cubiertas por rocas principalmente marinas de plataforma del Cretácico temprano y tardío, y conglomerados del Eoceno (Renz, 1960; Radelli, 1962; Rollins, 1965; Zuluaga et al., 2007). A su vez corresponde a una cuenca transtensional, formada como resultado del movimiento del sistema de las fallas transcurrentes (Cuisa y Oca).

Figura 33 Mapa geológico y localización de la zona de estudio



Fuente: Servicio geológico colombiano Plancha 5

5.2.1.UNIDADES GEOLÓGICAS

En la zona de estudio se pueden diferenciar tres tipos de unidades geológicas que van desde volcánicas hasta depósitos cuaternarios de origen fluvial y eólico. En superficie son visibles

depósitos cuaternarios, algunos de los cuales aún están en formación en procesos que ocurren de manera simultánea, pero unos más activos que otros. Son cuerpos semiconsolidados e inconsolidados de gran extensión areal, ya que recubren las topografías desarrolladas por las unidades ígneas, metamórficas y sedimentarias descritas anteriormente. Dichos depósitos son: Abanicos y Coluviones, Lagunar, Cauce Aluvial, Evaporíticos Recientes, Eólicos, Llanura de Inundación y Llanura Intermareal. A continuación, se describen estas unidades:

5.2.1.1. RIODACITA DE IPAPURE – CERRO LA TETA (JKRI)

Es una unidad que reúne un conjunto de elementos litológicos de origen volcánico, de poca extensión cartográfica y complejas relaciones estratigráficas que composicionalmente conservan grandes similitudes.

Geomorfológicamente las Riodacita de Ipapure corresponden a cerros de bases relativamente reducidas, de formas semicirculares y alturas que eventualmente sobrepasan los 400 m, con cimas puntiagudas o redondeadas, pendientes altas y laderas rugosas.

5.2.1.2. DEPÓSITO DE LLANURAS DE INUNDACIÓN (QUILL)

Es una de las unidades con mayor distribución areal, ya que como su nombre lo indica está asociada a los depósitos generados por los drenajes (intermitentes) presentes en la zona de estudio.

Depósito de Llanuras de Inundación son de inconsolidado a semiconsolidado, presenta un tamaño de grano arena fina-arcilla y color café-amarillento. La matriz del depósito presenta tamaño de grano arcilla, la cual embebe fragmentos blancos de costras calcáreas o “caliche” con tamaño de grano menor a 1 cm. En la parte superior es común observar grietas que permiten la filtración de carbonatos a las capas inferiores. Frecuentemente se encuentran suprayacidos por niveles de suelos, así como por fragmentos subangulares a subredondeados de cuarzo lechoso y cuarcitas tamaño promedio guijo (1,5 a 2,5 cm), relacionados a depósitos de abanicos y coluviones.

Figura 34 Depósito de Llanura de inundación



Fuente: Servicio geológico colombiano Plancha 10

5.2.1.3. LOS DEPÓSITOS DE CAUCE ALUVIAL (QCA)

Son depósitos acumulados en las márgenes de ríos y arroyos perennes. En los períodos de sequía se encuentran en el interior de los cauces de arroyos intermitentes.

Esta unidad corresponde a depósitos semiconsolidados y no consolidados de origen aluvial que en algunos lugares se encuentran mezclados con material de origen eólico, por disgregación de la capa superior del suelo actual o de las unidades geológicas sobre las que discurren las corrientes.

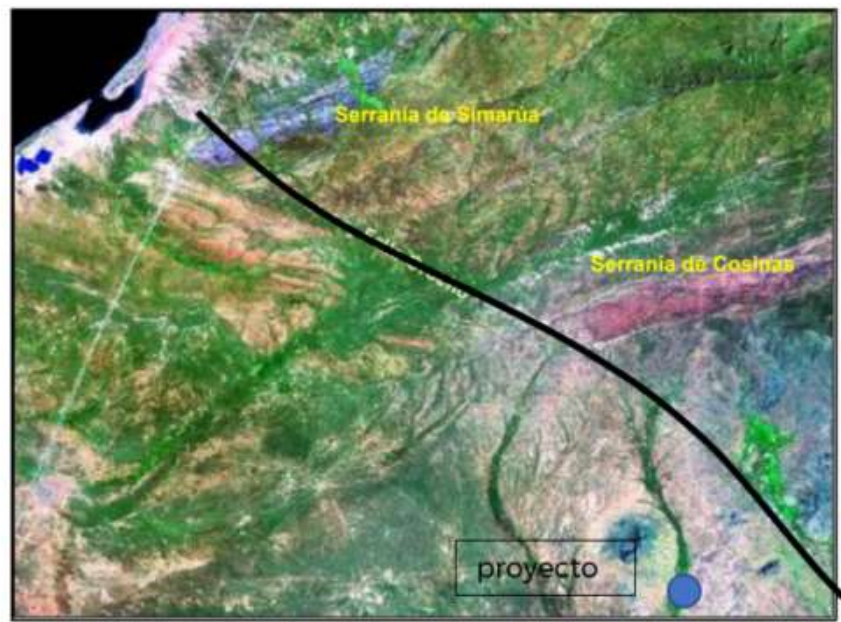
Geomorfológicamente se presentan superficies lisas, de texturas suaves, tamaño de grano fino que rellenan bajos topográficos y que en fotografías aéreas e imágenes de satélite presentan alto contraste respecto a las unidades circundantes puesto que cuando los depósitos se encuentran secos obtienen tonalidades más claras y cuando se encuentran húmedos presentan tonalidades oscuras.

5.2.2. LIEGUES Y FALLAS

Falla Orocho

Ramírez (2007) presenta una sección transversal interpretada a partir de líneas sísmicas donde muestra la presencia de la Falla de Orocho de tipo normal con dirección NWW-SEE. Esta falla se encuentra al sur de la Serranía de Simarúa con buzamiento hacia el sur. La falla en superficie no es clara, pero se deduce por el corte rectilíneo en sentido NW-SE de las unidades aflorantes en este sector (Esquistos de Ipanaruhú, Neis de Macuira, Neis de Jojoncito, Formación Cuisa y Formación Cheterló).

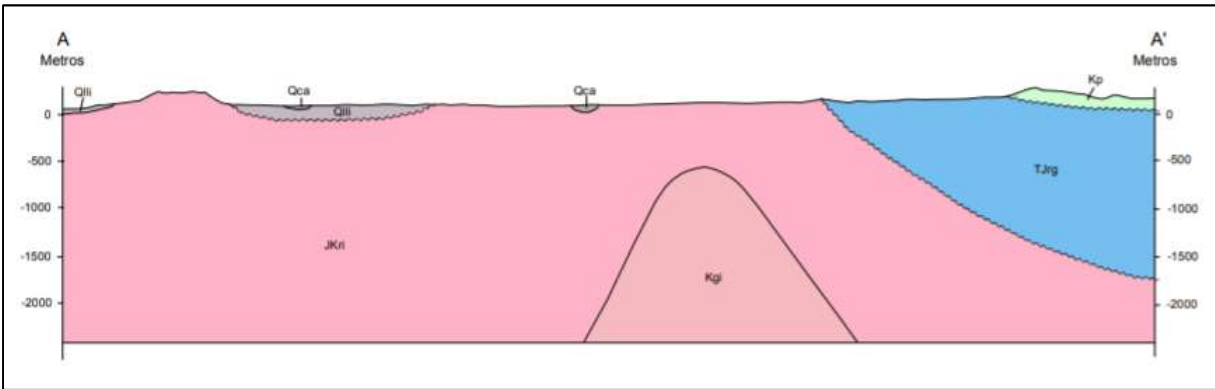
Figura 35 Falla de Orocho



Fuente: Servicio geológico colombiano Plancha 10

Aunque la tendencia promedio de la mayoría de las fallas en la Serranía de Cosinas es casi E-W, cortando este sistema hay un conjunto de fallas cortas de rumbo con movimiento dextral y tendencia promedio $N58^{\circ}W$, que desplazan unidades Jurásicas y Cretácicas hacia el sur de la Serranía de Cosinas y que junto con las fallas menores de tendencia suave NE, deforman el tren regional N-NE y lo rotan hasta quedar en dirección aproximada E-W. Estas fallas se deducen en algunos sectores debido al corte y desplazamiento de los cerros, cambio litológico brusco entre estos, y deformación y acomodamiento dúctil de rocas pertenecientes a la Formación Cajú y la Formación Cuisa. Una de las fallas de este sistema es la Falla Ararieru que afecta principalmente la secuencia Cretácica del flanco sur del anticlinal del área del Cerro Yuruma.

Figura 36 Corte geológico esquemático cercano al área de influencia del proyecto



Fuente: Servicio geológico colombiano Plancha 10

5.3. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DE LA ZONA

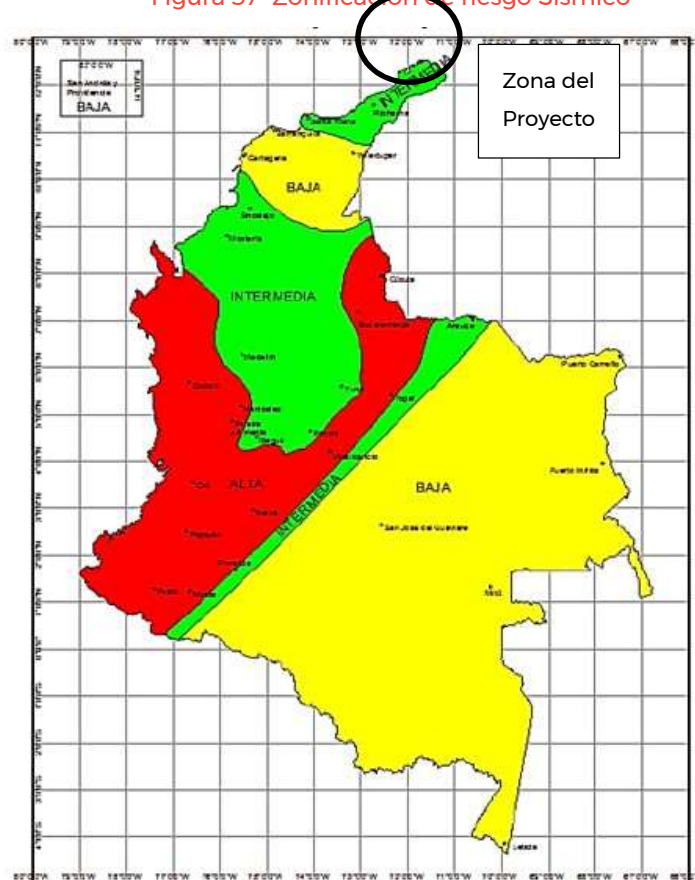
La caracterización sísmica de un depósito de suelo determinado o de una región en particular ajena a aquellas capitales nacionales en las cuales se han adelantado Estudios de Microzonificación Sísmica, se trabaja con base en la Norma de Construcciones Sismo-resistentes NSR-2010.

Para el caso del diseño de estructuras la caracterización dinámica del suelo pasa por estimar los parámetros que componen el espectro de respuesta otorgado por el código antes mencionado. Los valores a que hacemos referencia se definen a continuación.

- Fa: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.
- Fv: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.
- Tc: Periodo corto.
- TL: Periodo largo.
- Ao: Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie.
- Aa: Aceleración horizontal pico efectiva de diseño (g).
- Av: Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño (g).
- I: Coeficiente de Importancia.
- Sa: Aceleración espectral (g).
- T: Periodo de Vibración (s).

A continuación, se presenta la zonificación de riesgo sísmico que muestra la NSR-10 en función de las características de movimiento en el terremoto de diseño para cada una de las diferentes regiones del territorio nacional.

Figura 37 Zonificación de riesgo Sísmico



Fuente: NSR-10

Mediante la observación de la imagen anterior, y con el apéndice A-4 de la NSR-10 es claro que los municipios de **Uribía, Maicao** y sus alrededores incluyendo la zona por la que discurre el proyecto, se encuentran ubicadas en región de Riesgo Sísmico Intermedio, la cual presenta valores de Aa de **0,10** y Av de **0,15**

La información anterior representa las características de la vibración del terreno desde la óptica única de las propiedades del sismo de diseño, es decir, sin las modificaciones consecuentes que le genera el suelo que atraviesa.

Ahora inicia la caracterización dinámica del depósito de suelos para obtener la injerencia que tendrá en la señal sísmica y por tanto conocer sus efectos de amplificación y/o atenuación sobre las ondas telúricas.

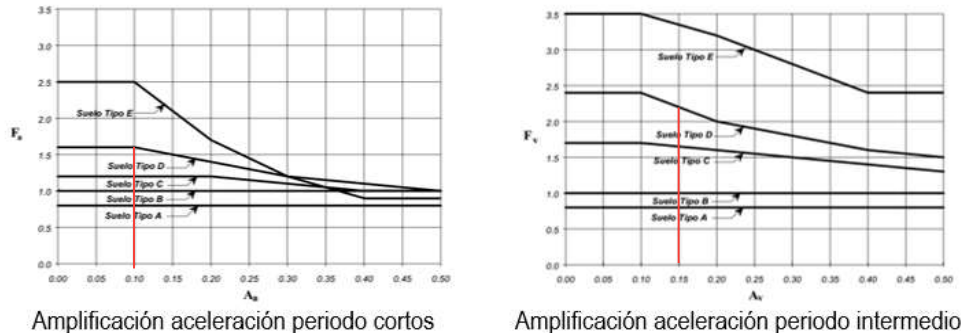
Tabla 34 Tipología de perfil geotécnico según nsr-10

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa}$ ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$) $> \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa}$ ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kPa ($\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2$) $> \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36$ m)	

Fuente: NSR-10

En la figura siguiente se presentan los coeficientes de amplificación para aceleraciones en periodos cortos e intermedios.

Tabla 35 Coeficientes de amplificación según tipo de depósito o suelo



Fuente: NSR-10

En el cuadro que se muestra a continuación se presenta el coeficiente de importancia según el uso que tenga la estructura u obra a proyectar

Tabla 36 Coeficiente de importancia según NSR-10

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: NSR-10

Para determinar el valor del coeficiente de aceleración horizontal (a_h) necesario en los chequeos de estabilidad de taludes a lo largo del corredor en condición Pseudoestática, fueron empleados los siguientes apartes del “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, 2010), así:

- Apéndice A-4 (NSR-10) - Valores de **Aa** y **Av** definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos, Maicao y Uribía, se localiza en una Zona de Amenaza Sísmica **Intermedia** y recomienda un valor de aceleración horizontal pico efectiva, **Aa=0.10 Av=0.15**
- Numeral H.5.2.5 – SISMO DE DISEÑO del NSR-10: de acuerdo con el citado numeral: “El coeficiente sísmico de diseño para análisis Pseudoestático KST tiene valor inferior o igual al de a_{max} y se admiten los siguientes valores mínimos de KST/a_{max} , dependiendo del tipo de material térreo (reforzado o no) y del tipo de análisis.”.
- Tabla H.5.2-1- Valores de KST_{max} Mínimos para Análisis Pseudoestático: se adopta un valor de $KST/a_{max} = 0.50$, el cual corresponde a “Todos los materiales térreos”.
- Tabla A.2.4-1 - Clasificación de los perfiles de suelo, el cual se clasifican como Tipo D.
- Tabla A.2.4-3 - Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro: para un suelo Tipo D y $A_a=0.10$, se tiene un $F_a=1.6$
- Tabla A.2.4-3 - Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos Intermedios del espectro: para un suelo Tipo D y $A_v=0.15$, se tiene un $F_v=2.25$
- Tabla A.2.5-1 - Valores del coeficiente de importancia, I : se adopta un $I=1.0$ que corresponde al Grupo I – Estructuras de ocupación normal.

Para la determinación del coeficiente de aceleración horizontal necesario en los chequeos de estabilidad de taludes o cortes temporales en condición pseudo-estática, se aplicó la siguiente ecuación.

Tabla 37 Resumen de clasificación sísmica del suelo

Perfil de suelo	D
Zona de amenaza sísmica:	Intermedia
Coeficiente de aceleración Horizontal pico efectiva:	$A_a=0.10$
Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva	$A_v=0.15$
Coeficiente de amplificación del suelo para la zona de periodos cortos del espectro:	$F_a= 1.6$
Coeficiente de amplificación del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro:	$F_v=2.25$

Fuente: WSP.

5.3.1.CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO

De acuerdo con la descripción realizada, la geología y la génesis de los materiales presentes en el área de estudio, no se presentan condiciones especiales para los mismos. Como por ejemplo expansividad o contracción del suelo, procesos de licuación, y tampoco problemas de sensibilidad.

Adicional a lo anterior se pueden clasificar los materiales del subsuelo en tres categorías relacionadas a la calidad de las rocas y al grado de compactación de los depósitos cuaternarios.

5.3.1.1. UNIDAD DE MATERIAL INTERMEDIO (I)

Esta unidad comprende rocas en estado de meteorización entre moderado y alto, grados III y IV del perfil de meteorización de Dearman (1974). en estas unidades, la resistencia a la acción mecánica y a la erosión se reduce apreciablemente, incrementándose la porosidad y la susceptibilidad a procesos denudativos. A esta unidad corresponden las rocas de la formación Riodacita de Ipapure – Cerro La Teta (JKri, en donde las condiciones de estabilidad pueden cambiar al realizar cortes o si aumentan las condiciones de humedad por lluvias.

5.3.1.2. UNIDAD DE SUELO TRANSPORTADO

Estos materiales los componen dos unidades o depósitos presentes en la zona como son, Depósitos de cauce aluvial y llanura de inundación, cada una de estas unidades se diferencian por las características granulométricas y el grado de compactación. En este orden de ideas las llanuras de inundación corresponden a sedimentos finos tipo limo con cierto grado de compactación dado la antigüedad del depósito, por otro lado, los depósitos de case están conformados por sedimentos más sueltos menos compactos y de granulometría más gruesa correspondiente a arenas y arenas conglomeráticas.

5.4. ANÁLISIS GEOTECNICO

De acuerdo con la descripción geológica, la génesis de los materiales y la experiencia del consultor se puede establecer un posible perfil típico para el área de estudio, y una aproximación física y mecánica de los suelos que lo componen. A partir este perfil se realizaron los análisis de capacidad portante y asentamientos para la solución planteada de cimentación. Las profundidades se encuentran referenciadas al nivel actual del terreno.

La escogencia de parámetros está fundamentada en la génesis de los materiales, probables valores de N campo, correlaciones, principalmente con el ensayo SPT y bibliografía.

El ensayo de SPT es por naturaleza simple y puede ejecutarse en casi cualquier suelo, incluso en rocas blandas o meteorizadas. Los resultados de la prueba difundida ampliamente en todo el mundo se correlacionan empíricamente con las propiedades específicas in situ del terreno. Deberá entenderse que estas correlaciones son aproximativas y su uso resulta adecuado cuanto mayor sea a experiencia de quien las usa y del grado correcto de ejecución del ensayo.

5.4.1. CORRELACIONES EN SUELOS GRANULARES

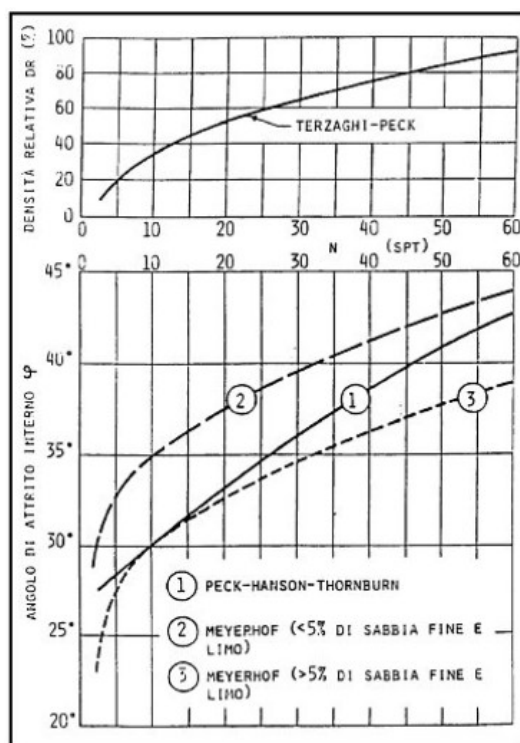
Los ángulos de fricción interna de los materiales granulares pueden ser estimados a partir del ensayo SPT con bastante confiabilidad, un método clásico consiste en deducirlo a partir del valor de la densidad relativa, sin embargo, la tendencia actual es deducirlo con el valor NSPT. En la Figura 38, se presentan los ábacos propuestos por Meyerhof (1956) y Peck et al. (1974)

Otra correlación directa entre NSPT y el ángulo de fricción interna es la presentada por De Mello (1971), que se muestra en la Figura 37.

En el Manual de mecánica de cimentaciones de Ángel Muelas Rodríguez también se ilustra con una tabla resumen las correlaciones de parámetros de deformabilidad para suelos arenosos a partir de SPT y que presentamos en este informe como Tabla 39.

R.E. Hunt en 1984 también presentó una tabla con propiedades comunes de suelos granulares la cual hemos empleado para completar valores a partir del ensayo SPT cuando por resultados de laboratorio no se disponía de este registro. (Ver Tabla 38)

Figura 38 Ángulos de fricción interna y densidad relativa en función de N de campo-Varios autores



Fuente: Ángulos de fricción interna y densidad relativa en función de N de campo-Varios autores

El manual de cimentaciones de INVIAS en su sección 4.2.2.2.4 hace también un compilado de las correlaciones para obtener propiedades mecánicas de los suelos y en el literal a presenta la metodología propuesta por el ingeniero Álvaro González en 1999 la cual es la metodología que se ha empleado en el presente estudio a fin de obtener parámetros c' y ϕ' de suelos granulares.

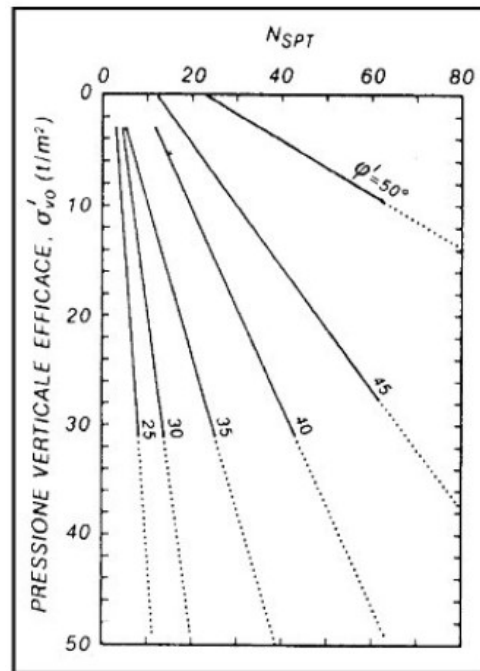
R.E. Hunt en 1984 también presentó una tabla con propiedades comunes de suelos granulares la cual se emplea para estimar valores a partir del SPT y o cuando los materiales son escasos para contar con ensayos de laboratorio (Ver Tabla 38)

Tabla 38 Correlaciones del Angulo de fricción con el SPT

AUTOR	ECUACIÓN PROPUESTA PARA DETERMINAR ϕ'_{eq} EN COLOMBIA CON N_{145}
Peck	$\phi'_{eq} = 28,5 + 0,25 N_{145}$
Peck, Hanson y Thornburn	$\phi'_{eq} = 26,25 \left(2 - e^{\left(\frac{N_{145}}{62} \right)} \right)$
Kishida	$\phi'_{eq} = 15 + (12,5 * N_{145})^{0,5}$
Schmertmann	$\phi'_{eq} = \tan^{-1} \left[\left(\frac{N_{145}}{43,3} \right)^{0,34} \right]$
Japan National Railway (JNR)	$\phi'_{eq} = 27 + 0,1875 * N_{145}$
Japan Road Bureau (JRB)	$\phi'_{eq} = 15 + (9,375 * N_{145})^{0,5}$

Fuente Manual de cimentaciones INVIAS 2013

Figura 39 Ángulos de fricción interna y densidad relativa en función de N de campo-Varios autores



Fuente: Manual de mecánica de cimentaciones. Ángel Muelas R

Tabla 39 Parámetros de deformabilidad para suelos arenosos, correlación con SPT

Correlación entre pruebas SPT y valores de resistencia de suelos arenosos.				
N (SPT)	Descripción	Valor Cr	Ang. Fricción	E (Kg/cm ²)
0-4	Muy floja	0 - 15	28	100
5-10	Floja	16 - 35	28 - 30	100 - 250
11-30	Media	36 - 65	30 - 36	250 - 500
31-50	Densa	66 - 85	36- 41	500 - 1000
>50	Muy densa	86 - 100	41	> 1000

E = Modulo de Young
Cr = Compacidad relativa

Fuente: Manual de mecánica de cimentaciones. Ángel Muelas R.

Tabla 40 Propiedades comunes de suelos granulares, correlación con SPT, Hunt 1984

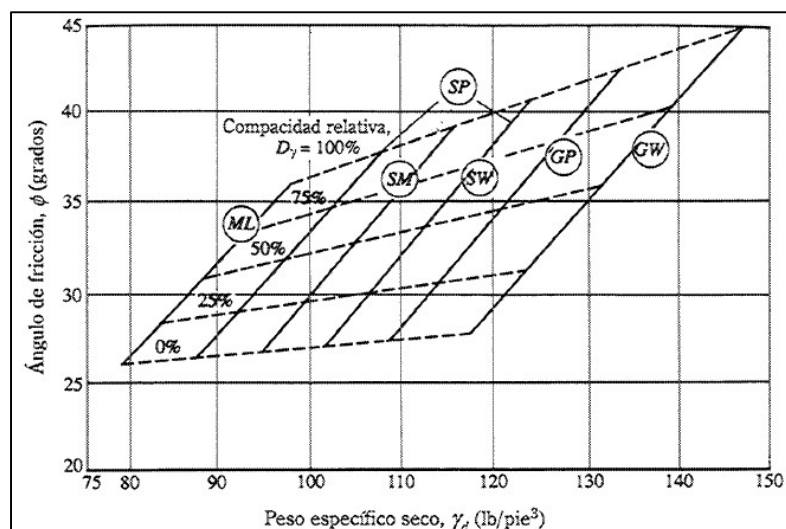
Material	Compacidad	D_r (%)	N (1)	Densidad seca (2) γ_d (g/cm ³)	Índice de poros e	Ángulo de rozamiento interno
GW: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena	Densa	75	90	2,21	0,22	40
	Medianamente densa	50	55	2,08	0,28	36
	Suelta	25	< 28	1,97	0,36	32
GP: Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	70	2,04	0,33	38
	Medianamente densa	50	50	1,92	0,39	35
	Suelta	25	< 20	1,83	0,47	32
SW: Arenas bien graduadas, arenas con grava	Densa	75	65	1,89	0,43	37
	Medianamente densa	50	35	1,79	0,49	34
	Suelta	25	< 15	1,70	0,57	30
SP: Arenas mal graduadas, arenas con grava	Densa	75	50	1,76	0,52	36
	Medianamente densa	50	30	1,67	0,60	33
	Suelta	25	< 10	1,59	0,65	29
SM: Arenas limosas	Densa	75	45	1,65	0,62	35
	Medianamente densa	50	25	1,55	0,74	32
	Suelta	25	< 8	1,49	0,80	29
ML: Limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75	35	1,49	0,80	33
	Medianamente densa	50	20	1,41	0,90	31
	Suelta	25	< 4	1,35	1,00	27

(1) N es el número de golpes por 30 cm de penetración en el SPT. La Tabla V.5 relaciona D_r y N .
(2) Los valores corresponden a $\gamma_s = 2,65$ (partículas de cuarzo).

Fuente: Manual de ingeniería de taludes, Instituto tecnológico GeoMinero de España.

Para el peso unitario (específico) en los suelos granulares, se toma como referencia la gráfica del Departamento de Marina de Estados Unidos de 1971 - NAFAC, que correlaciona el ángulo de fricción con la densidad relativa del suelo granular, la cual a su vez se corresponde con correlación con SPT elaborada por Hunt.

Tabla 41 Ángulos de fricción en función de NSPT-De Mello (1971)

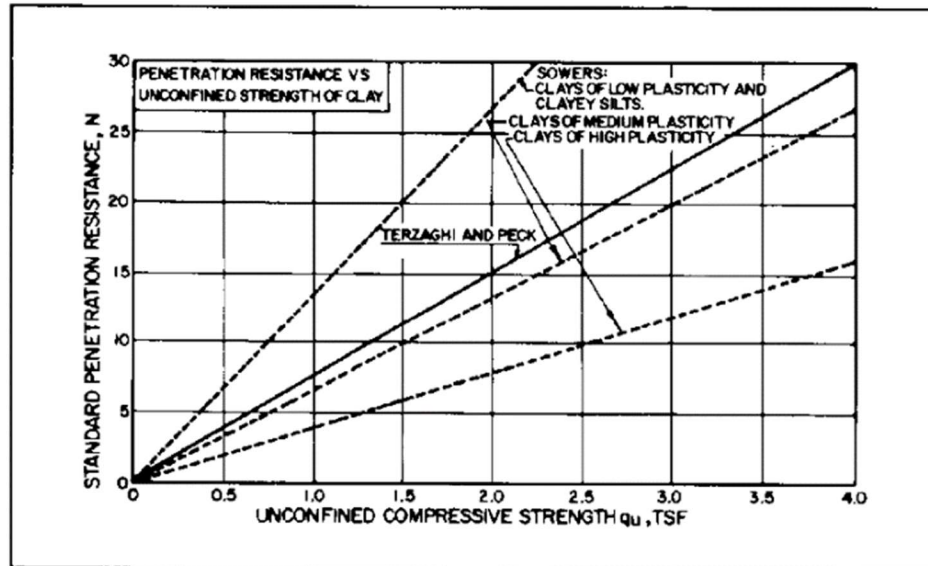


Fuente: Das, Braja M - Principios de ingeniería de cimentaciones, Cuarta edición. 1999

5.4.2.CORRELACIONES EN SUELOS ARCILLOSOS

De la misma manera que para los suelos granulares, en el manual de mecánica de cimentaciones de Ángel Muelas Rodríguez también se resume en una tabla las correlaciones orientativas del ensayo SPT con otros parámetros para suelos arcillosos.

Figura 40 Resistencia a la compresión simple a partir de SPT, suelos cohesivos - NAVFAC (1971)



Fuente: Manual de Diseño de Mecánica de Suelos de NAVFAC (1971).

Tabla 42 Parámetros de suelos arcillosos, correlaciones orientativas a partir de valores SPT

OCR	N, golpes (SPT)	Q_u (KG/CM ²)	DESCRIPCION	ANGULO DE FRICCION En grados	E (KG/CM ²)
NC	< 2	< 0.25	Muy blanda	0	3
NC	2 - 4	0.25 - 0.50	Blanda	0 - 2	30
NC	4 - 8	0.5 - 1.0	Media	2 - 4	45 - 90
NC	8 - 15	1.0 - 2.0	Compacta	4 - 6	90 - 200
>OCR	15 - 30	2.0 - 4.0	Muy compacta	6 - 12	> 200
>OCR	> 30	> 4.0	Dura	> 14	

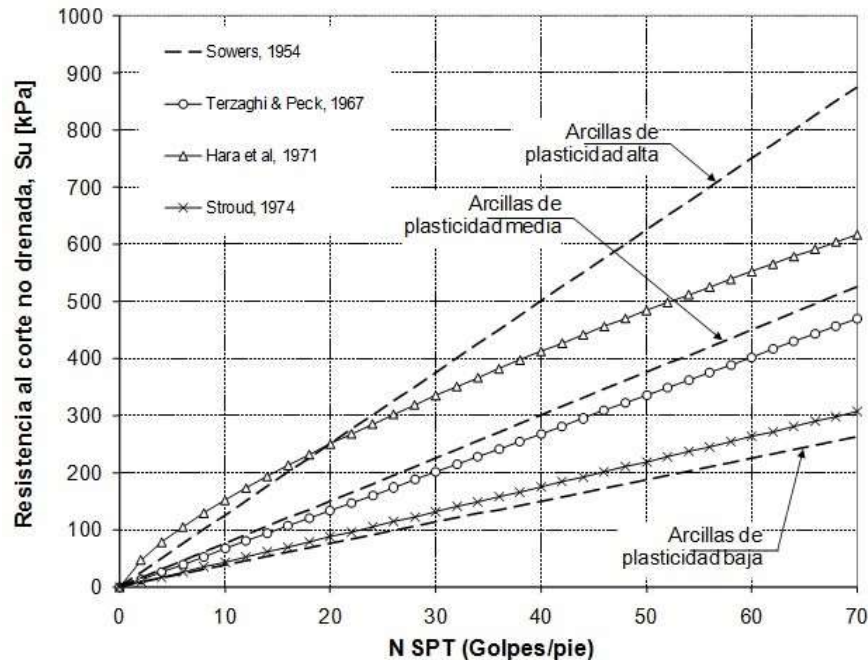
NC, Normalmente consolidados
OCR, Suelos sobreconsolidados
SPT, Ensayo STANDARD PENETRATION TEST
E, Modulo de rigidez del suelo

Fuente: Manual de mecánica de cimentaciones. Ángel Muelas R

Adicionalmente Sowers (1954-1979) en su investigación halló una relación entre la resistencia al corte no drenado y el número de golpes del ensayo de SPT demostrando que suelos con mayor

índice de plasticidad tienen resistencia al corte no drenado más alta, lo cual se evidencia en la gráfica a continuación.

Figura 41 Relación entre la resistencia al corte no drenado (S_u) y el ensayo de SPT



Fuente: Manual de Diseño de Mecánica de Suelos de NAVFAC DM-7.1, 1986

Finalmente, con los valores a partir de las correlaciones anteriormente expuestas y la bibliografía, se procedió a hacer un resumen con los parámetros analizados y con base en este resumen se seleccionaron los parámetros de los suelos definitivos utilizadas para el diseño para cada sitio de las estructuras proyectadas:

Vale la pena mencionar que el criterio para la escogencia de los parámetros de diseño es de manera conservadora, con el valor más crítico en la mayoría de los casos

La bibliografía utilizada como referencia para los parámetros de ϕ , C , γ y E , es la siguiente:

- Manual de Mecánica del suelo y cimentaciones-Ángel Muelas Rodriguez.
- Casagrande, A 1948 "Classification and identification of soils", Transactions ASCE, 113.
- American Society of civil Engineers (1982) Engineering and construction I n tropical residual soils.
- Bowles-Foundation Analysis and Design.
- Mecánica de rocas, Fundamentos e ingeniería de taludes, Pedro Ramirez Oyanguren y Leonardo Alejandro Mange.
- Manual de Estabilidad de Taludes, Instituto Nacional de Vías.

Las correlaciones utilizadas fueron las sugeridas por los siguientes autores según el SPT:

- Ábacos propuestos por Meyerhof (1956) y Peck et. Al. (1974)
- De Mello (1971)
- D'Appolonia et al 1970
- Peck, Hanson y Thornburn, 1974 Expresion por Wolff.
- Bowles-Foundation Analysis and Design.
- Analysis and Design.

5.4.3.PERFIL ESTRATIGRAFICO

Teniendo en cuenta que las características del suelo encontrado en el sitio del proyecto son granulares, se utilizarán correlaciones del SPT para suelos granulares. El perfil estratigráfico presentado a continuación, están caracterizados por depósito de cauce aluvial, semiconsolidados o no consolidado de origen aluvial por disgregación de las unidades geológicas **Qc**, y depósitos de llanura de inundación, consolidados a semiconsolidados de color café – amarillento con tamaño de grano arena fina matriz soportado **Qill**. Subyacidos por la formación **JKri**, caracterizada por ser roca masiva porfiritica con tonalidades rojizas compuestas por cuarzo, plagioclasa y feldespatos potásico, correspondientes a la Riodacita de Ipapure-Cerro de la Teta.

A continuación, se presenta en la descripción del perfil de suelos adoptado según lo expuesto anteriormente.

Tabla 43 Niveles litológicos asociados a depósitos de llanura aluvial (Qill)

ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA 5-8, FOTOGRAFÍA 5-9 Y FOTOGRAFÍA 5-10	
0 - 0,1	Nivel A: Gravas medias embebidas en litoarenitas medias a finas, estas son de colores habanos a marrones; este nivel es friable, deleznable, poco consolidado y de humedad baja.		
0,1 - 0,9	Nivel B: Arcillas de color amarillo, de consistencia firme, plásticas y humedad baja; se observan patinas de minerales salinos así como fisuras producto de la desecación del material.		

Fuente: Estudio de impacto ambiental parque eólico WINDPESHI.

- **0-0.5m:** Suelos orgánicos granulométricamente finos compuestos por arcillas y limos con presencia menor de gravas , con $N > 4$.
- **0.5-15m:** depósitos cuaternarios de cauce aluvial y llanura de inundación en matriz limo arenosa semiconsolidada, con $15 < N < 35$ golpes/pie, compacidad medianamente densa,
- **15m/en adelante.** Rocas volcánicas de la formación Riodacita de Ipapure – Cerro La Teta (JKri), alterada y baja resistencia a la compresión simple.

Tabla 44 Parámetros de prediseño del perfil estratigráfico

PROFUND.	DESCRIPCION	ESTRATO-MATRIZ	PARAMETRO	UNIDAD	SPT	Pre- DISEÑO
0.m-0.5m	Gravas en matriz areno arcillosa	SM	Angulo de fricción ϕ	$^{\circ}$	N(>4)	28
			Cohesión C	ton/m ²		-
			Peso unitario γ	ton/m ³		19
			Módulo de elasticidad	ton/m ²		500
0.5m-15m	Qc-Qill Depósitos de cauce aluvial y llanura de inundación en matriz areno arcillosa	SM-SC	Angulo de fricción ϕ	$^{\circ}$	15<N>35	28
			Cohesión C	ton/m ²		1
			Peso unitario γ	ton/m ³		19
			Módulo de elasticidad	ton/m ²		3000
15m/adelante	roca masiva porfirítica	JKri	Angulo de fricción ϕ	$^{\circ}$	-	38
			Cohesión C	ton/m ²		-
			Peso unitario γ	ton/m ³		2.2
			Módulo de elasticidad	ton/m ²		7000

Fuente: Equipo Consultor

Cabe resaltar que los niveles de cimentación o de desplante de las estructuras son teóricos y que deberán ser ratificados validados o ajustados, posterior a la realización de la campaña de exploración que busca definir y obtener muestras representativas para la definición de parámetros.

5.4.4. CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

5.4.4.1. BASE TEÓRICA PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Para el cálculo de la capacidad portante última en zapatas o placas de cimentación se utilizó la formulación propuesta por Terzagui que de acuerdo con la práctica ingenieril proporciona muy buenos resultados teniendo en cuenta que la exploración del suelo en la mayoría de proyectos genera ciertas incertidumbres:

$$q_n = c'N_c + qN_q + 0.5\gamma'BN_\gamma, \text{ Para cimentación continua} \quad (1)$$

$$q_{ult} = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma'BN_\gamma, \text{ Para cimentación circular} \quad (2)$$

$$q_{ult} = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma'BN_\gamma, \text{ Para cimentación cuadrada} \quad (3)$$

Se debe tener en cuenta que el termino de las expresiones (sobrecarga - valor de esfuerzo efectivo en la base de la cimentación) debe calcularse teniendo en cuenta la posición del nivel freático.

Para las expresiones anteriores N_c , N_q y N_γ son los factores de carga de Terzagui los cuales corresponden a las siguientes expresiones:

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi'/2) \tan \phi'}}{2c \cot^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)} \quad (4)$$

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1) \quad (5)$$

$$N_\gamma = \frac{2(N_q + 1) \tan \phi'}{1 + 0.4 \sin (4\phi')} \quad (6)$$

La ecuación anterior (6) corresponde a una expresión propuesta por Coduto a partir de la curva empleada para la teoría de Terzagui. (Referencia 6 - Coduto, Donald P.)

Dónde:

c' : Cohesión del suelo

ϕ' :Ángulo de fricción del suelo

B:Ancho de la cimentación

q:Valor de esfuerzo efectivo en la base de la cimentación

Df:Profundidad de desplante de la cimentación

γ' :Peso unitario sumergido – se calcula teniendo en cuenta la posición del nivel freático

Una vez se calcula la capacidad portante última, se afecta por un factor de seguridad que de acuerdo a la NSR-10 es de 3, obteniendo la capacidad de carga admisible.

Tabla 45 Factores de Seguridad Indirectos F_{sICP} Mínimos

Condición	F_{sICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

Fuente: NSR-10

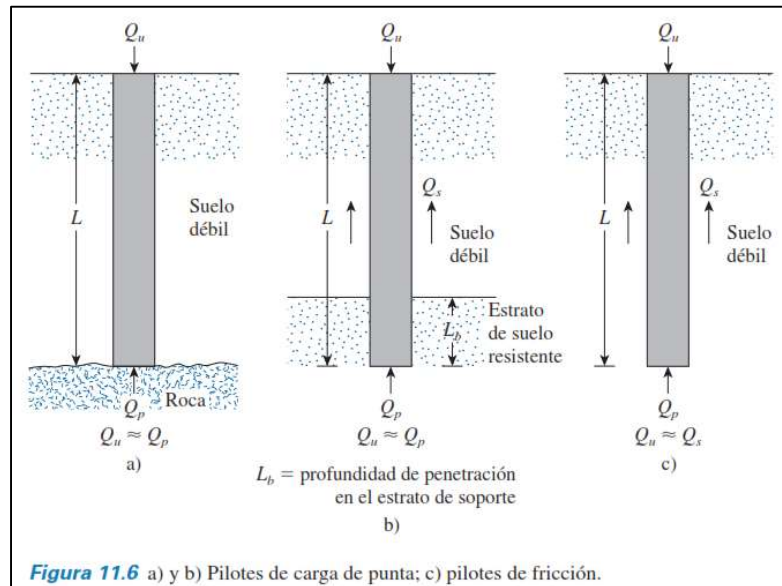
5.4.4.2. BASE TEÓRICA PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACIÓN PROFUNDA

Las cimentaciones profundas transmiten cargas de una estructura a niveles más profundos de un estrato o secuencia de estratos de baja resistencia derivando su capacidad principalmente por fricción. Generalmente los niveles de suelo más profundos son más resistentes y menos compresibles que los superiores debido al confinamiento, de esta manera se puede lograr una cimentación segura y adecuada.

Tradicionalmente se considera que la capacidad portante del pilote tiene dos aportes uno por fuste y otro por punta.

La capacidad por fuste depende de la fricción y adherencia que se desarrolla entre el área superficial del perímetro del pilote y el suelo circundante; la capacidad por punta está relacionada con la facilidad que encuentra el elemento para punzonar el suelo de apoyo.

Figura 42 Esquema de trabajo de un Pilote



Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Braja M Das

Las expresiones clásicas empleadas para calcular la resistencia de un pilote son las siguientes:

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s(22)$$

$$Q_p = cNc + qNq(23)$$

$$Q_s = q_s A_s = \sum (c_a + k \sigma'_v \tan \phi_a) p \Delta l(24)$$

Dónde:

Q_{ult} : Capacidad de carga ultima del pilote

Q_s : Capacidad de carga por fuste

Q_p : Capacidad de carga por punta

q_s : Resistencia unitaria de fricción (adherencia) superficial a cualquier profundidad z .

A_s : Área superficial o perimetral del fuste del pilote = $p \Delta l$

c_a : Adhesión

$\tan \phi_a$: Ángulo de fricción entre el pilote y el suelo circundante ($0,5\phi$ a $0,8\phi$)

k : Coeficiente de presión lateral.

σ'_v : Esfuerzo efectivo vertical a una profundidad z .

Finalmente, para la obtención del valor de carga última del pilote se adoptan las disposiciones del código NSR-10.

5.4.4.3. RESULTADOS DE CAPACIDAD PORTANTE

Teniendo en cuenta las características de las estructuras, el suelo existente en los sitios y los parámetros geotécnicos establecidos en el capítulo anterior, se plantean cimentaciones para las estructuras proyectadas.

El cálculo se realizó para niveles de desplante de acuerdo a lo definido por el área hidráulica y que se plasma en el cuadro resumen de resultados de capacidades presentado a continuación.

Se presenta a continuación la capacidad portante para cada una de las estructuras:

Tabla 46 Capacidad portante para cimentaciones superficiales

CAPACIDAD PORTANTE-CIMENTACION SUPERFICIAL					
ESTRUCTURA	Cimentación	Df (m)	B (m)	Carga estimada (t/m ²)	Qadm (t/m ²)
Tanque agua potable	Corrida	2	1.5	12.5	29.57
Tanque Agua Cruda	Losa	0.65	5.1	4	19.84
Planta potabilizadora 9.6x7.2m	Zapata	1.0	1.0	4	17.52
Centro administrativo 3.6x5.74m	Zapata	1.0	1.0	4	17.52
Cerramiento Planta potabilizadora	Zapata	1.5	1.5	2	26.56
Tanque comunitario	Corrida	1.0	1.0	5	17.50
Zona común tanque comunitario	Losa	0.5	10	<1.0	26.43
	Zapata	1.0	1.0	<1.0	26.56
Cerramiento	Zapata	1.2	1.0	2	20.31

Fuente: Grupo consultor

Para el tanque elevado, en caso de no cumplir por Momento o capacidad la cimentación superficial planteada inicialmente, se recomiendan pilotes preexcavados, trabajando por fricción. Se presentan a continuación las capacidades para pilotes de diámetro de 0.60m a 1.2m, con longitudes de 10m, 12m, 15m.

En el cálculo se utiliza un factor de seguridad de 3.0 (FS = 3.0).

Tabla 47 Capacidad portante Admisible para pilotes tanque elevado

CAPACIDAD PORTANTE (t)				
Longitud (m)	Ø=0.60M	Ø=0.80M	Ø=1.0M	Ø=1.20M
10	47t	61t	75t	88t
12	78t	102t	126t	149t

CAPACIDAD PORTANTE (t)				
15	124t	164t	202t	240t

Fuente: Grupo consultor

Tabla 48 Capacidad portante Admisible a tracción para pilotes tanque elevado

CAPACIDAD PORTANTE TRACCION(t)				
Longitud (m)	Ø=0.60M	Ø=0.80M	Ø=1.0M	Ø=1.20M
10	53t	71t	91t	111t
12	85t	114t	145t	176t
15	133t	179t	226t	274t

Fuente: Grupo consultor

Tabla 49 Carga lateral admisible para pilotes tanque elevado

CAPACIDAD LATERAL (t)				
Longitud (m)	Ø=0.60M	Ø=0.8M	Ø=1.0M	Ø=1.20M
10	382.52t	510.03t	637.53t	765.04t
12	503.86t	671.82t	839.77t	1007.73t
15	700.68t	934.25t	1167.81t	1401.37t

Fuente: Grupo consultor

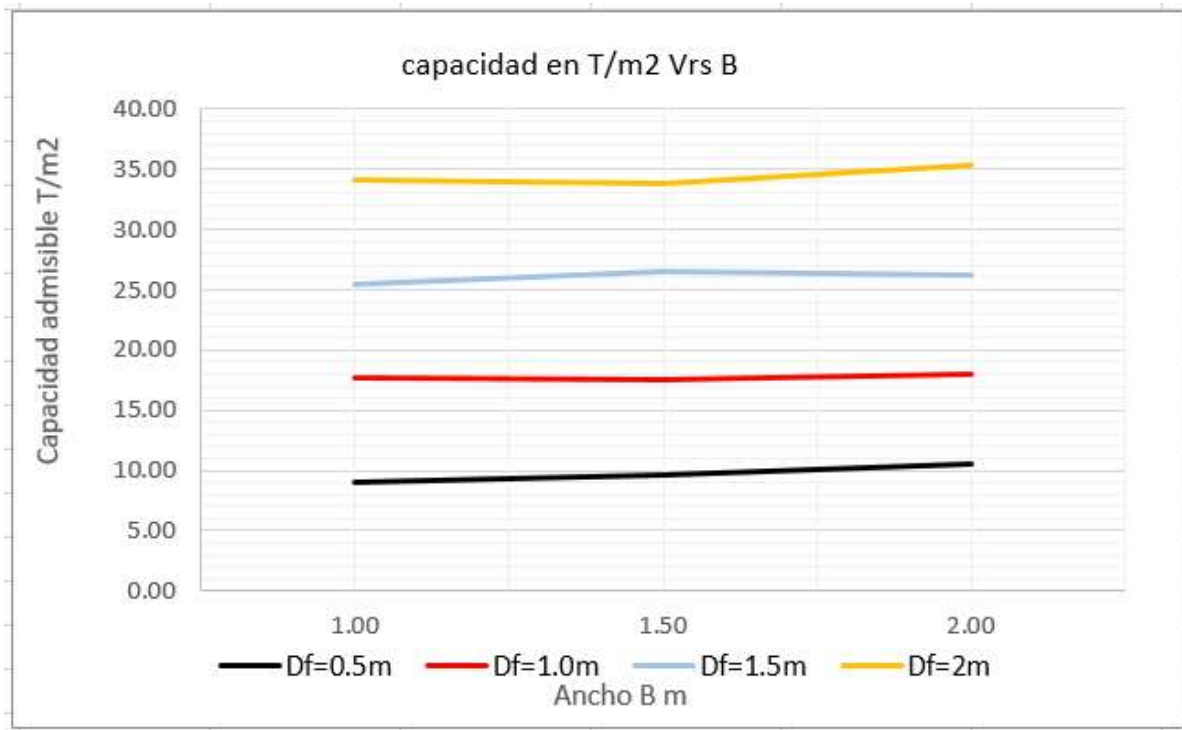
Tabla 50 Modulo horizontal Kh para pilotes en tanque elevado

	Ø=0.6m	Ø=0.8m	Ø=1.0m	Ø=1.20m
L(m)	Kh (t/m ³)	Kh (t/m ³)	Kh (t/m ³)	Kh (t/m ³)
10	306551	229913	183931	153275
12	306551	229913	183931	153275
15	306551	229913	183931	153275

Fuente: Grupo consultor

Según las características del suelo y de las estructuras, recomendamos que la longitud de los pilotes sea de al menos 10 m con nivel de desplante. De todas maneras, el diseñador estructural verificara las cargas y momentos para la escogencia del pilote en cuyo caso la cimentación superficial no cumpla con los parámetros estructurales necesarios.

Figura 43 Análisis de capacidad para diferentes valores de B y Df



Fuente: WSP

Con el fin de aportarle diferentes alternativas de cimentación en cuanto dimensiones se refiere, Se presenta el Abaco anterior, en el cual se observa la capacidad admisible del suelo de fundación, dependiendo del ancho B, de la zapata y de la profundidad de desplante.

Por tal motivo en ocasiones donde se requiera el cambio de dimensiones de zapatas y profundidad de desplante, las capacidades admisibles son las calculadas y representados en el grafico anterior.

5.4.4.4. BASE TEÓRICA PARA EL CÁLCULO ASENTAMIENTO

Teniendo en cuenta las características del suelo, se realizó el cálculo de los asentamientos inmediatos en los materiales denominados como depósitos de llanura aluvial, utilizando la metodología propuesta por Giroud (1968) en la cual el asentamiento elástico vertical bajo una carga rectangular está dado por la siguiente ecuación:

$$\Delta z = \frac{q_s B (1 - \nu^2)}{E} I_s$$

Dónde:

q_s : Esfuerzo aplicado (kPa)

B: Base (m)

ν : Coeficiente de Poisson

E: Módulo de elasticidad del suelo (kPa)

Is: Factor de influencia del asentamiento

$$I_s = \frac{2}{\pi} \left[\ln(\xi_s + \sqrt{1 + \xi_s^2}) + \xi_s \ln \left(\frac{1 + \sqrt{1 + \xi_s^2}}{\xi_s} \right) \right]$$

Donde,

$$\xi_s = \frac{L}{B}$$

5.4.4.5. RESULTADOS DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS Y MÓDULOS DE REACCIÓN

A continuación, se presenta el cálculo de asentamientos inmediatos; los asentamientos por consolidación deberán ser calculados una vez se cuente con la campaña de exploración y las muestras producto de la misma, que corroboren o modifiquen los parámetros relacionados en el estudio.

Tabla 51 Resultados de asentamientos elásticos y módulos de reacción

ASENTAMIENTOS					
ESTRUCTURA	Df (m)	B (m)	Carga estimada (t/m ²)	Asentamiento (m)	Kv (t/m ³)
Tanque agua potable	2	1.5	12.5	0.009	3285
Tanque Agua Cruda	0.65	5.1	4	0.007	2834
Planta potabilizadora 9.6x7.2m	1.0	1.0	4	0.001	17520
Centro administrativo 3.6x5.74m	1.0	1.0	4	0.001	17520
Cerramiento Planta potabilizadora	1.5	1.5	2	0.002	13280
Tanque comunitario	1.0	1.0	5	0.001	26560
Zona común tanque comunitario	0.5	10	<1.0	0.003	8810
	1.0	1.0	<1.0	0.001	26560
Cerramiento	1.2	1.0	2	0.001	20310

Fuente: WSP

5.4.4.6. RECOMENDACIONES PARA CIMENTACIÓN

Se recomiendan entonces cimentaciones superficiales, con implantación a profundidades descritas en el capítulo anterior. para el tanque elevado pilotes de al menos 15m de longitud, si

las solicitudes de carga y momentos requeridas por el área estructural no se cumplen con la cimentación superficial propuesta, en todo caso el especialista estructural deberá validar el cumplimiento de las especificaciones.

Posterior a la excavación destinada a la cimentación de estructuras, se deberá colocar una capa de nivelación de al menos 20cm, en material seleccionado compactado al 95% del Proctor modificado acompañado en su parte inferior por un geotextil no tejido NT-1600 o similar, con el fin de evitar el paso de material fino al relleno de nivelación.

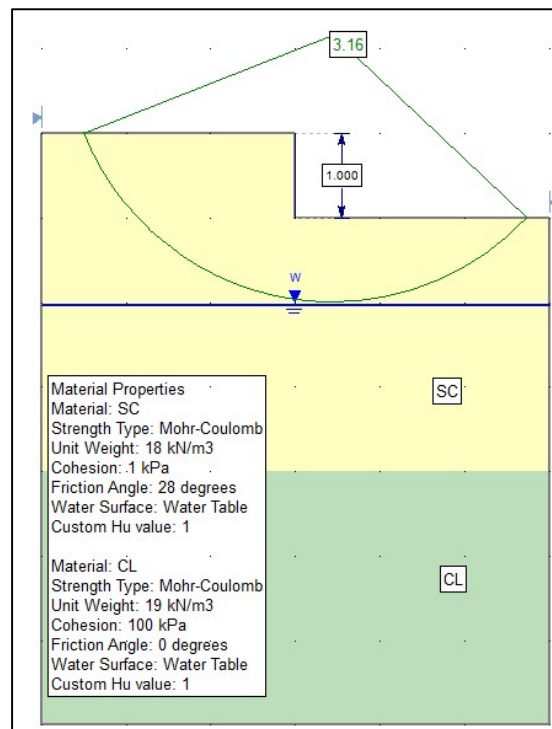
Existen excavaciones importantes, y terraplenes, por lo que a continuación se presenta el análisis de estabilidad de las mismas y las recomendaciones del caso

Para los casos en los cuales se requiera realizar excavaciones superiores a 1.0m de profundidad se deberá seguir las siguientes recomendaciones, de acuerdo a los análisis de estabilidad realizados.

5.4.4.6.1. EXCAVACIÓN TALUD VERTICAL 1.0M DE PROFUNDIDAD

Una vez realizado el análisis de estabilidad para excavaciones temporales en condiciones estáticas y Pseudoestáticas, se observa que el factor de seguridad es de **Fs=3.16**, cumpliendo con la normativa vigente para cortes temporales.

Figura 44 Análisis de estabilidad para cortes temporales de 1.0m de profundidad

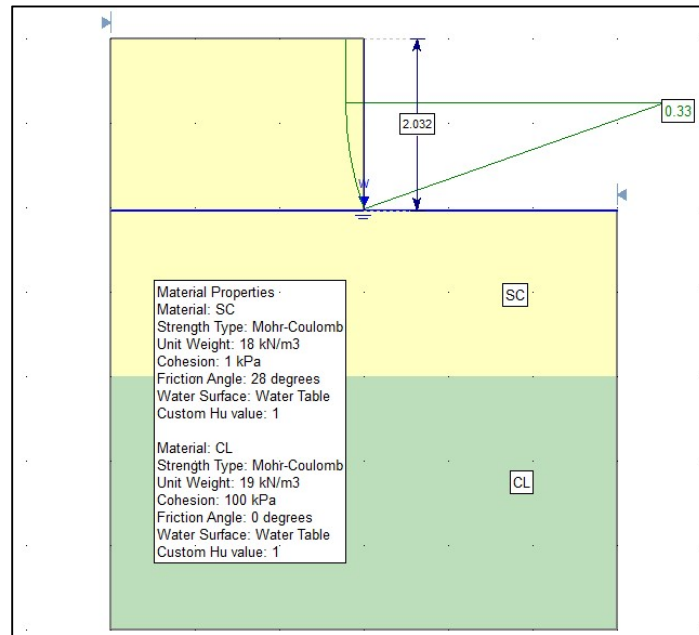


Fuente: Grupo consultor

5.4.4.6.2.EXCAVACIÓN TALUD VERTICAL 2.0M DE PROFUNDIDAD

Una vez realizado el análisis de estabilidad para excavaciones temporales en condiciones estáticas y Pseudoestáticas, se observa que el factor de seguridad es de **Fs=0.33**, por tal motivo este tipo de corte temporal no cumple con la normativa vigente para cortes temporales.

Figura 45 Análisis de estabilidad para cortes temporales de 2.0m de profundidad



Fuente: Grupo consultor

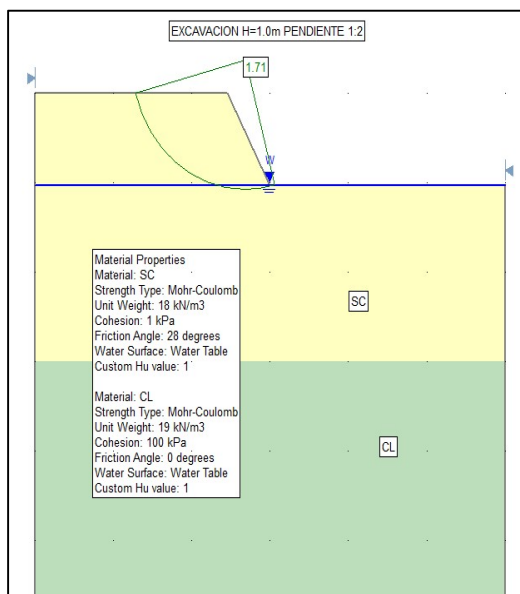
Se observa que para una excavación de 2.0m sin entibado, el talud ya presenta problemas con factor de seguridad FS = 0.33.

Por lo tanto, si las excavaciones se van a realizar con talud vertical, se recomienda que máximo sean a 1.0m sin entibado. Después de esta altura se debe utilizar entibado como protección:

Teniendo en cuenta que, para cortes temporales superiores a 1.0m, los análisis de estabilidad indican que la excavación es Inestable, se realizó el chequeo de pendientes de corte probables para cortes superiores a 1.0m obtenido lo siguiente:

- **Talud H = 1.0m pendiente 1:2**

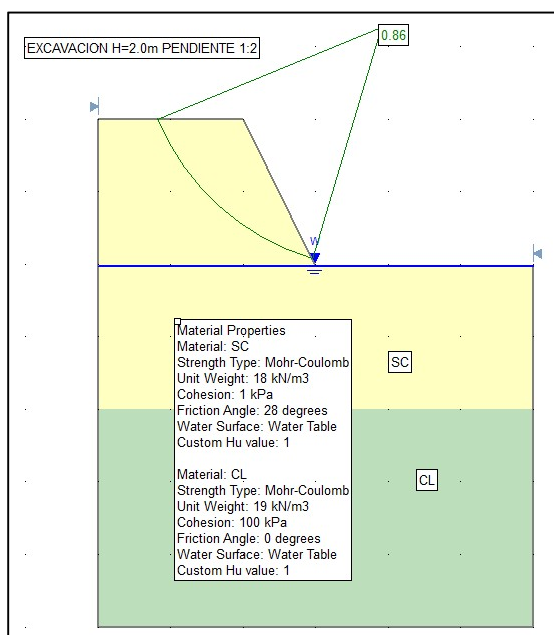
Figura 46 Análisis de estabilidad para cortes temporales pendientes 2V:1 H=1.0m de profundidad



Fuente: Grupo consultor

- **Talud H = 2.0m pendiente 1:2**

Figura 47 Análisis de estabilidad para cortes temporales pendientes 2V:1H, H=2.0m de profundidad

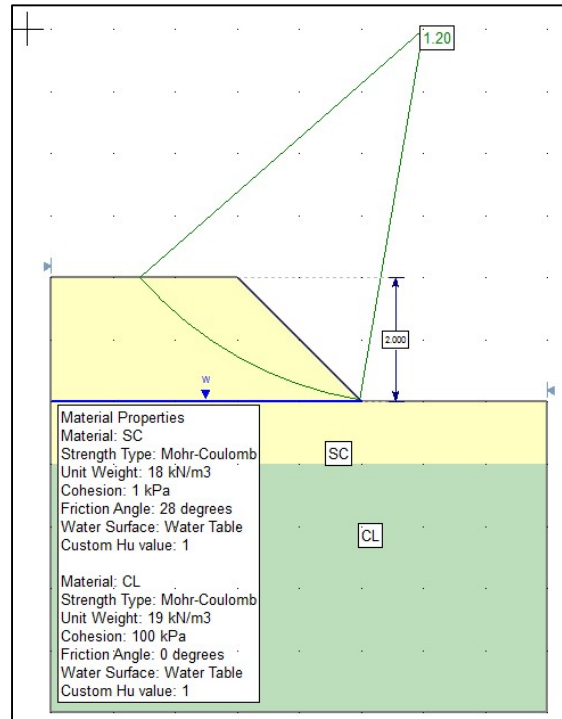


Fuente: Grupo consultor

Para altura de H = 2.0 con la configuración de talud 1:2. Ya se presenta la falla con factores de seguridad <1.0.

- **Talud H = 2.0m pendiente 1:1**

Figura 48 Análisis de estabilidad para cortes temporales pendientes 1V:1H, H=2.0m de profundidad



Fuente: Grupo consultor

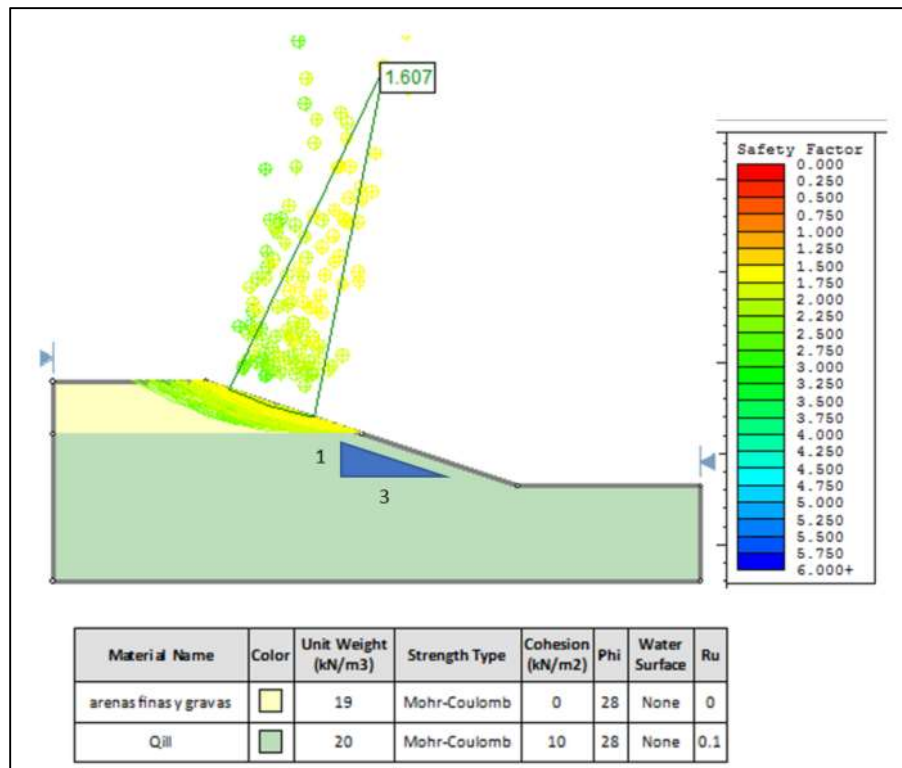
El factor de seguridad para alturas de H = 2.0 con talud 1:1, es de FS = 1.2. Este factor es aceptable para construcción solamente, para condiciones definitivas no se recomienda.

En conclusion las excavaciones para posibles tuberías, tanques enterrados o demas estructuras que requieran una profundidad de cimentacion importante, deberan ser realizadas mediante entibado a partir de una altura de un metro (H = 1m).

En caso de utilizar taludes, se podran utilizar pendientes 1H:1V para cortes superiores a un metro de altura (H = 1m).

5.4.4.6.3.ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LAGUNA DE SECADO

Figura 49: Análisis de estabilidad para conformación de taludes de la laguna de secado y/o operación



Fuente: Grupo consultor

Para el diseño de la laguna de secado, se plantea realizar la excavación con taludes 3H:1V, obteniendo un factor de seguridad de $FS=1.6$, con lo cual se cumple lo estipulado en la NSR-10, la cual estipula que para cortes o taludes de excavación se recomienda un factor de seguridad mayor o igual a $FS=1.5$.

Teniendo en cuenta que dentro de la laguna de secado se proyecta la construcción de un tabique en concreto, se recomienda que se construya a manera de zata corrida con $B=1.5m$ y con un $Df=1.2m$

5.5. SOFTWARE

Para el chequeo de estabilidad y módulos de reacción utilizado en el presente estudio, se utilizó el Software Slide v.6 y PHASE V2.0.

El programa **Slide**, de la casa Rocscience es el software de análisis de estabilidad de pendientes más completo a nivel mundial, permitiendo realizar, entre otras cosas, análisis de elementos finitos de infiltración de agua subterránea, análisis de sensibilidad, análisis dinámicos, análisis probabilísticos y análisis de variabilidad espacial, todo esto y más aplicado a múltiples escenarios

y que se pueden visualizar simultáneamente en la pantalla del ordenador o pantalla de proyección. De este modo, este potente programa se ha convertido en la herramienta principal para los profesionales en proyectos de obra civil y minería.

El **Phase2** es un poderoso programa 2D para análisis de elementos finitos y análisis de estrés para excavaciones subterráneas o de superficie en roca o suelo. El software puede ser utilizado para una amplia gama de proyectos de ingeniería y diseño, e incluye soporte a la estabilidad de taludes, infiltración de aguas subterráneas y análisis probabilístico. El Phase2 puede ser utilizado para modelar la excavación de una mina a cielo abierto (Open Pit). El modelo puede ser excavado en etapas y puede incluir fallas sub-verticales que interceptan el terreno.

Modelos complejos o de multi-excavación pueden ser fácilmente creados y rápidamente analizados - túneles en roca débil o articulada, socavones, minas a cielo abierto y pendientes, vertederos, estructuras de tierra estabilizadas (MSE) y mucho más. Falla progresiva, interacción de apoyo y una variedad de otros problemas que pueden ser abordadas.

El Phase2 ofrece una amplia gama de opciones de modelaje de apoyo. Elementos de revestimiento pueden ser aplicados en el modelaje proyectado: concreto, sistemas de conjunto de acero, muros de contención, pilotes, multi-capa de revestimiento compuesto, geo textiles y mucho más.

Una de las características principales del Phase2 es el análisis de elementos finitos y de estabilidad de taludes usando el método de reducción de fuerza de corte.

Esta opción es totalmente automatizada y puede ser usada con cualquier parámetro de fuerza Mohr-Coulomb o de Hoek-Brown. Los modelos de inclinación pueden ser importados/exportados entre el Software Slide versión 6.0 y el Phase2 versión 8.0 permitiendo una comparación fácil de equilibrio límite y los resultados de elementos finitos.

El Phase2 incluye estado de equilibrio, análisis de elementos finitos infiltración de aguas subterráneas incrustado en el programa. No hay necesidad de utilizar un programa de aguas subterráneas por separado. La presión en los poros es determinada, así como el flujo y el gradiente, los resultados son automáticamente incorporados en el análisis de tensiones

Los resultados obtenidos para las deformaciones y módulos de raccion solo estan disponibles en la version Plus.

5.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En todo el proyecto por la topografía del sitio se recomienda realizar mejor excavaciones que rellenos, por lo que el diseñador deberá verificar los niveles y acomodar las estructuras, garantizando que sean mayores los cortes que los rellenos.
- En las excavaciones que se realizarán, se deberá garantizar el retiro total de cualquier tipo de escombros, material deletéreo o con contenido de materia orgánica. En el caso que se requiera el constructor deberá excavar para retirar este material reemplazar con

material seleccionado o concreto ciclópeo. En todos los casos se debe buscar que la cimentación descansa sobre el estrato descrito como estrato de cimentación.

- Se recomienda que el estrato portante sea lo menos trabajado posible (remoldeado), por lo cual, solo se alcanzará el nivel definitivo una vez se disponga de todos los elementos necesarios para las tareas de construcción de la cimentación.
- La ejecución de las excavaciones podrá hacerse a mano o con máquina, o una combinación entre ambas. Para excavaciones que superen la profundidad crítica ($H = 1.0\text{m}$) se deberá seguir las recomendaciones de protección dadas en el presente informe.
- Se deben adoptar las precauciones necesarias (entibados, taludes, bermas) para evitar derrumbes durante las excavaciones, según la naturaleza y condiciones del terreno. Dado que los suelos en la zona de estudio en sus primeros metros, presentan características sueltas y pueden perder su confinamiento fácilmente y aún más, bajo la acción de los elementos atmosféricos, tales como la humedad, sequedad, aguas sub-superficiales, dando lugar a hundimientos o derrumbes, es necesario proteger las paredes de los cortes.
- El entibado recomendado es:

- **Tipo ED 1 Entibado Discontinuo en Madera**

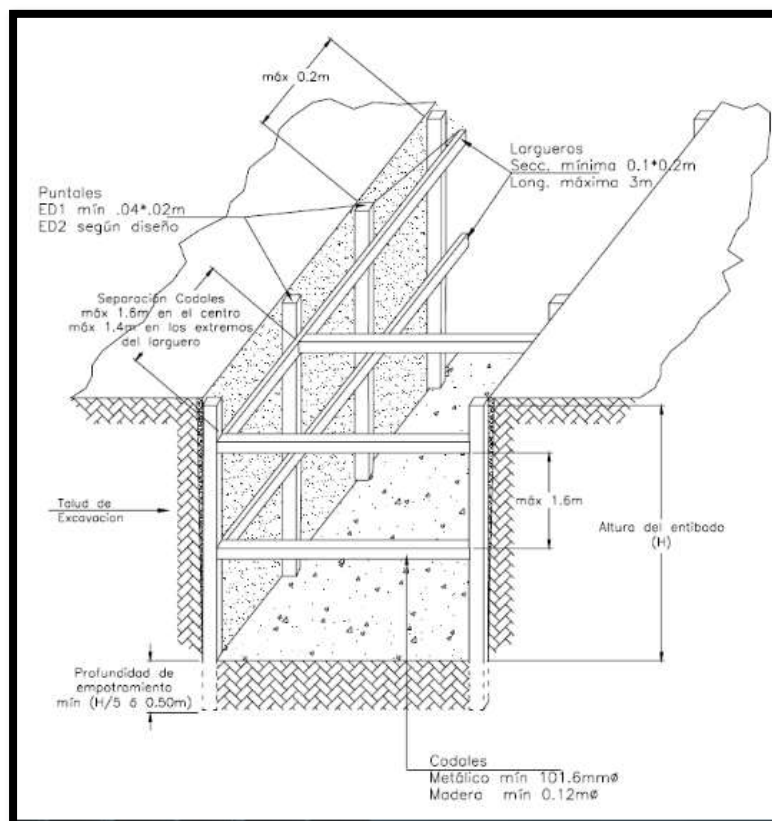
Consiste en un sistema de entibado discontinuo en madera, con base en el uso de largueros, puntales y codales en madera o metálicos. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

Puntales: tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de $0.04\text{ m} \times 0.20\text{ m}$, con espacios libres máximos de 0.20 m .

Largueros: Vigas en madera de sección mínima de $0.10\text{ m} \times 0.20\text{ m} \times 3.0\text{m}$.

Codales: Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimos de 4" o elementos en madera de 0.12 m de diámetro como mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1.60 m y separación horizontal máxima de 1.60 m en la zona central del larguero y de 1.40 m en los extremos del larguero.

Figura 50 Esquema de entibado



Fuente: WSP 2018

- **Cimentación de tuberías**

En caso de requerirse realizar excavaciones y construcción de líneas de conducción los anchos de zanja máximos recomendados, según el perfil estratigráfico encontrado, para cimentar las tuberías de acueducto y alcantarillado, se presentan a continuación:

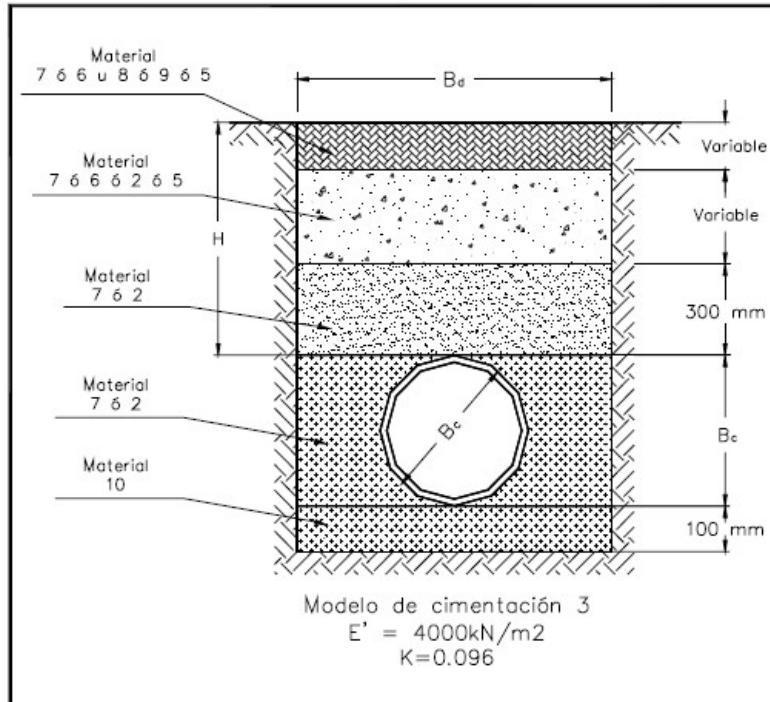
Tabla 52 Anchos de zanja para tuberías

DIÁMETRO DEL TUBO	ANCHO MÁXIMO PERMISIBLE DE EXCAVACIÓN (mm)
Acometiadas hasta 2" (50 mm)	350
3" (75 mm)	400
4" (100 mm)	400
6" (150 mm)	500
8" (200 mm)	550
10" (250 mm)	650
12" (300 mm)	700

Fuente: SISTEC-NS-019

El modelo de cimentación será un **tipo 3** como se aprecia en la figura:

Figura 51 Esquema de cimentación para tuberías Impulsión, acueducto y Alcantarillado



Fuente: SISTEC-NS-019

Se recomienda utilizar el material 10 y 7 para el relleno de la zanja:

Tabla 53 Rellenos para zanjas

NUMERO	TIPO DE RELLENO
1	Relleno mezcla de gravilla y arena lavada de río
2	Recebo
3	Concreto
4	Piedra partida
6	Suelos estabilizados
7	Materiales provenientes de la excavación
8	Subbase granular
9	Base granular
10	Arena de peña

Fuente: SISTEC-NS-035

- Los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acumularse, se apilarán a una distancia suficiente del borde de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras en los taludes de corte.
- Cuando en los trabajos de excavación se empleen máquinas, camiones, etc. que supongan una sobrecarga, así como la existencia de tráfico rodado que transmita vibraciones que puedan dar lugar a desprendimientos de tierras en los taludes de corte, se adoptarán las medidas oportunas (entibados, retiro de equipos, taludes).
- Se deben construir un sistema de drenaje mediante canales o cunetas que encaucen rápidamente y eficientemente las aguas de escorrentía a las alcantarillas o descoles cercanos y evite de esta manera la saturación en los taludes que puedan causar desprendimientos superficiales (erosión).
- Durante la excavación para la cimentación es posible que se requiera dejar presillas de tierra alrededor de las paredes de la excavación con un pendiente longitudinal y conformadas por materiales provenientes de la excavación, con una altura aproximada de 20 cm, separadas de los bordes de la excavación entre 30 y 50 cm a fin de evitar que el agua de escorrentía proveniente de precipitaciones ingrese y fluya por las paredes de la excavación desestabilizándola.
- Se recomienda en lo posible realizar las obras en época de verano.
- Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán provenir de las excavaciones del proyecto, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas.
- Los rellenos requeridos para el presente proyecto se deberán conformar con materiales adecuados, libres de materia orgánica, basuras, lodos o terrones de arcilla.
- Los materiales de relleno se colocarán por capas de no más de 0.15m de espesor compactando cada capa hasta alcanzar densidades mayores al 90% - 95% de la densidad seca máxima que se obtenga para el material en el ensayo Proctor Modificado. No se colocará la capa siguiente hasta no haber alcanzado la compactación en la capa anterior.
- Los rellenos requeridos para el presente proyecto, deberán cumplir con los requisitos dados en el artículo 610-13 de las especificaciones generales para la construcción de carreteras del instituto nacional de vías INVIAS, para materiales seleccionados. Se deberán conformar con materiales adecuados, libres de materia orgánica, basuras, lodos o terrones de arcilla.

Tabla 54 Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota 1)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Fuente: INVIAS

- En el caso que se presente un alto contenido de humedad en el sitio donde se colocará el relleno que imposibilite su compactación, se recomienda mezclarlo con cemento en una proporción de 3% en peso.
- En Caso de utilización de pilotes se deberán seguir las siguientes recomendaciones:
- Los pilotes serán de tipo fundido in situ, utilizando lodos de bentonita o polímeros para estabilizar las paredes de la excavación. El revestimiento si se utiliza en la parte superior se extraerá durante la colocación del concreto. El concreto se colocará por el sistema de embudos t tubería tipo Tremie o trompa de elefante.
- Se recomienda utilizar lodos, se recomienda mantener una viscosidad de cono de Marsh entre 38 y 42 segundos. Igualmente se debe controlar el contenido de arena del lodo cuando este ha sido reciclado, (Contenido máximo de 3%)
- El concreto que se utilice para los pilotes deberá cumplir con los requisitos aplícales de la normatividad vigente. La resistencia del concreto se definirá en el diseño estructural según la NSR-10, pero deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 21 Mpa, con una relación agua/cemento máxima de 0.45 y una agregado de tamaño máximo de 32 mm.
- El concreto deberá tener una fluidez suficiente para garantizar una continuidad en su colocación, se deberán seguir los requisitos de asentamientos dados en la INV-621-13, tabla 621-1.

- El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo de los pilotes deberá cumplir con las características dadas en la INV-640-13. Los refuerzos transversales se sujetarán a los longitudinales, mediante amarres o soldaduras.
- La cota del fondo de los pilotes se podrá ajustar durante el proceso constructivo, si se determina que el material de fundación encontrado no es adecuado y difiere del material considerado en el diseño de los pilotes. En caso tal se deberán tomar muestras o núcleos de roca para determinar las características del material que se encuentra debajo de la excavación del elemento.
- Para los pilotes el concreto deberá ser vaciado dentro de la perforación tan pronto como sea posible, luego de colocar la canasta de acero de refuerzo. La altura de caída del concreto no deberá superar más 1.5m. La colocación del concreto deberá ser continua hasta la cota superior del pozo y continuarse una vez llenado este, hasta que se evidencie la buena calidad del concreto. El tiempo transcurrido desde el comienzo de la colocación del concreto hasta su terminación no deberá exceder de dos horas.
- La mezcla del concreto deberá ser de un diseño tal, que permita mantener su estado plástico durante el límite de colocación de dos horas.
- El concreto del pilote deberá ser vibrado o manipulado con una varilla, hasta una profundidad de cinco metros debajo de la superficie del terreno.
- Luego de la colocación, las superficies expuestas del pilote deberán ser curadas. No se deberán ejecutar operaciones de construcción por lo menos durante 48 horas después de la colocación del concreto, para evitar movimientos del terreno adyacente al pilote.
- No se permitirá la construcción de un pilote a una distancia igual o menor a 5m de otro antes de 48 horas de fundido el primer elemento.
- No se permitirán pilotes cuyo desplome sea mayor a un 10% del diámetro en toda su longitud, con un máximo de 10cm de desplome.
- Los pilotes deberán construirse con una separación mínima de 3 veces su diámetro, medidos centro a centro, para que trabaje al 100% su capacidad.
- El asesor estructural deberá verificar que la carga quede sobre el tercio medio de la placa con el fin de evitar fatigas excesivas o esfuerzos negativos bajo el elemento de cimentación.
- Para el presente diseño se estimaron cargas por estructura. En caso de que las cargas reales difieran en más de un 25% de las cargas estimadas se deberá revisar la validez de las recomendaciones dadas en el presente informe.
- Entre el suelo natural y el relleno de mejoramiento (en caso de que se utilice), se recomienda la colocación de un geotextil no tejido tipo NT-1600 o similar, a manera de separación y evitar de esta manera el lavado de los materiales finos.

5.7. BIBLIOGRAFIA

- Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-2010.
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000
- Bowles, Joseph E. Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill. 5th Edition.1997.

- Das, Braja M. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. CENGAJE Learning. Séptima Edición. 2011.
- Das, Braja M. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. CENGAJE Learning. Cuarta Edición. 2013.
- Delgado Vargas, Manuel. Ingeniería de Fundaciones. Editorial ECI. Quinta reimpresión. 2008.
- Holtz Robert y Kovacs William. An Introduction to Geotechnical Engineering. Prentice Hall. 1981.
- Poulos H.G. y Davis E.H. Pile foundation analysis and design. Rainbow-Bridge Book Co. 1980

6. DISEÑO ELÉCTRICO



6.1. ALCANCE

En este capítulo, se presentan los diseños de las instalaciones eléctricas complementarias realizados con el fin de suministrar los requerimientos para el proyecto de obras eléctricas, basándose en las instalaciones de media y baja tensión existentes en la pila, incluyendo los tableros, equipos y acometidas necesarias para tal fin; así como las cantidades de obra estimadas para su instalación.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED

Red de media tensión.

Circuito: N/A

Nivel de tensión: 13.2 KV

Carga de diseño: existe un transformador de 45 KVA- NIVEL DE TENSION 13200/208-120 voltios instalación tipo poste exterior, en estructura TIPO H

Factibilidad: no aplica, no se requiere aumento de carga ni se requiere por renovación total del precio.

6.3. PLANOS DEL PROYECTO

Elaboración de los planos del proyecto del sistema eléctrico en los cuales se muestra la ubicación de los tableros y equipos corresponde a una proyección a sugerir para el esquema arquitectónico para la ubicación y distribución del cuarto técnico. Así mismo para que sirva de guía para la compra de equipos y su presupuesto.

6.3.1. CÁLCULO DE LA CARGA Y DE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS.

El cálculo de la carga y de acometidas eléctricas se realizó basados en la información suministrada. Estas cargas están sujetas a modificaciones en el transcurso de la ejecución del proyecto, mientras se hacen los ajustes finales y se hace la entrega de ingeniería de detalle.

6.4. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS Y MEMORIAS DE DISEÑO EN CORRIENTE ALTERNA

Dando cumplimiento al Artículo 10 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el diseño detallado según el tipo de instalación y complejidad deberá cumplir los aspectos que

se indican en lista presentada a continuación. La profundidad con que se tratan los ítems es suficientemente clara para la construcción y posterior certificación. Se indican aquellos ítems que no aplican para lo cual se deja consignado en la casilla de observaciones del presente formato las notas correspondientes.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	N/A	OBSERVACIONES
a.	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	X		El THD y factor de potencia de los equipos se toma con base a valores de referencia, la selección de equipos dependerá del responsable de la construcción
b.	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.		X	
c.	Análisis de cortocircuito y falla a tierra.		X	
d.	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.		X	
e.	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	X		
f.	Análisis del nivel tensión requerido.	X		
g.	Cálculo de campos electromagnéticos		X	
h.	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	X		
i.	Cálculo del sistema de puesta a tierra.		X	
j.	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.		X	
k.	Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).	X		
l.	Cálculos de regulación.	X		
m.	Clasificación de áreas.		X	
n.	Elaboración de diagramas unifilares.	X		
o.	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.		X	
p.	Verificación de distancias de seguridad requeridas		X	

A)ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

Con base a las salidas eléctricas, y la información eléctrica suministrada por el proveedor de la planta de tratamiento de agua potable, se anexa el cuadro de cargas y consumo de cada uno de los equipos integrados a la misma, esta información proviene de las cargas proyectadas de acuerdo a placa de características de la planta y de la estación de bombeo.

Tabla 55Cuadro de carga de planta de tratamiento

No.	DESCRIPCIÓN DE CARGA	POTENCIA [W]	CANTIDAD	TIEMPO DE OPERACIÓN [h/día]	ubicación
1	BOMBILLOS	9	7	8	oficinas+ centro cumintario
2	COMPUTADOR	250	2	8	oficinas
3	PUNTO CELULAR	18	7	2	oficinas
4	TELEVISOR LED 49"	85	1	4	centro comunitario
5	NEVERA 290 [I]	40	1	24	centro comunitario
6	IMPRESORA	100	1	1	oficina
7	CAFETERA	750	1	1	oficina
8	ESTÉREO	80	1	4.5	centro comunitario
10	ILUMINACIÓN PERIMETRAL	48	18	12	perimetro planta
11	ILUMINACION TANQUES	50	2	12	perimetro tanques

No.	DESCRIPCIÓN DE CARGA	POTENCIA MÍNIMA	UNIDAD	TIEMPO DE OPERACIÓN [h/día]	UBICACIÓN
1	BOMBA SUMERGIBLE A 205 mca (2L/s) *	10	HP	8	CCM en cuarto libre
2	PLANTA DESALINIZADORA *	33,33333333	Kw	10	TABLERO ptap EN CUARTO LIBRE

Fuente: WSP, 2018.

B)ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

No aplica dentro de las memorias de diseño eléctrico

C)ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.

De acuerdo a la norma IEC 62305-2 y la norma técnica colombiana NTC 4552-2, se evalúa el nivel de riesgo por rayos. Dependiendo de la ubicación de la estructura con respecto al punto de impacto se consideran cuatro fuentes de daños (S), las cuales producen tres tipos de daños (D) y cuatro tipos de pérdidas (L). En función del punto de impacto, se pueden distinguir las siguientes fuentes de daño:

- S1: Rayos que impactan directamente a la estructura.
- S2: Rayos que impactan cerca de la estructura.
- S3: Rayos que impactan directamente a una red de servicio que entra a la estructura.
- S4: Rayos que impactan cerca de una red de servicio que entra a la estructura.

Una descarga puede producir daños en función de las características del objeto a proteger; algunas de las características más importantes son: tipo de construcción, contenido y sus aplicaciones, tipo de servicios y medidas de protección previstas.

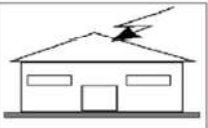
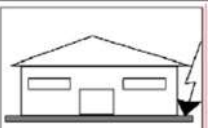
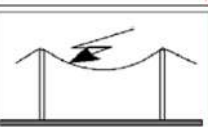
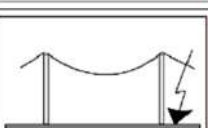
Para aplicaciones prácticas de evaluación de riesgo, es importante distinguir entre tres tipos básicos de daños que pueden suceder como consecuencia de las descargas atmosféricas tipo rayo:

- D1: Daños a los seres vivos.
- D2: Daños físicos.
- D3: Fallas en sistemas eléctricos y electrónicos.

Cada tipo de daños por si solos o en combinación con otros, pueden producir pérdidas en la estructura a proteger. El tipo de pérdida que puede aparecer depende de las características de la estructura y su contenido. Dado lo anterior, se deben considerar los siguientes tipos de pérdidas:

- L1: Pérdida de vidas humanas.
- L2: Pérdida de servicios públicos.
- L3: Pérdida de bienes culturales.
- L4: Pérdidas económicas.

Figura 52 Fuentes de daño, tipo de daño y tipo de pérdida en función de punto de impacto

Punto de impacto	Fuente del daño	Estructura	
		Tipo de daño	Tipo de pérdidas
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4
	S2	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4
	S4	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4

Fuente: WSP, 2018.

1) Sólo para estructuras con riesgo de explosión y para hospitales o estructuras en las que las fallas de los sistemas internos dan lugar a un riesgo inmediato para la vida humana.

2) Solo para propiedades donde puedan producirse pérdidas de animales,

Los siguientes riesgos deben considerarse, correspondientemente a los tipos de pérdida descritos anteriormente:

- R1 riesgo de pérdida de vidas humanas;
- R2 riesgo de pérdida de servicios públicos domiciliarios;
- R3 riesgo de pérdida del patrimonio cultural;
- R4 riesgo de pérdida de valor económico

La protección contra rayo es necesaria si el riesgo R (R1 a R3) es más alto que el nivel tolerable R_T

$$R > R_T$$

En este caso la medida de protección será adoptada en orden de reducir el riesgo R (R1 a R3) al nivel tolerable R_T

$$R \leq R_T$$

Para evaluar el riesgo R, se debe evaluar primero los riesgos parciales asociados a cada fuente y tipo de daño, cada uno de estos riesgos parciales se conoce como una componente de riesgo y depende del número de eventos peligrosos N, de la probabilidad de daño P y de la pérdida asociada L.

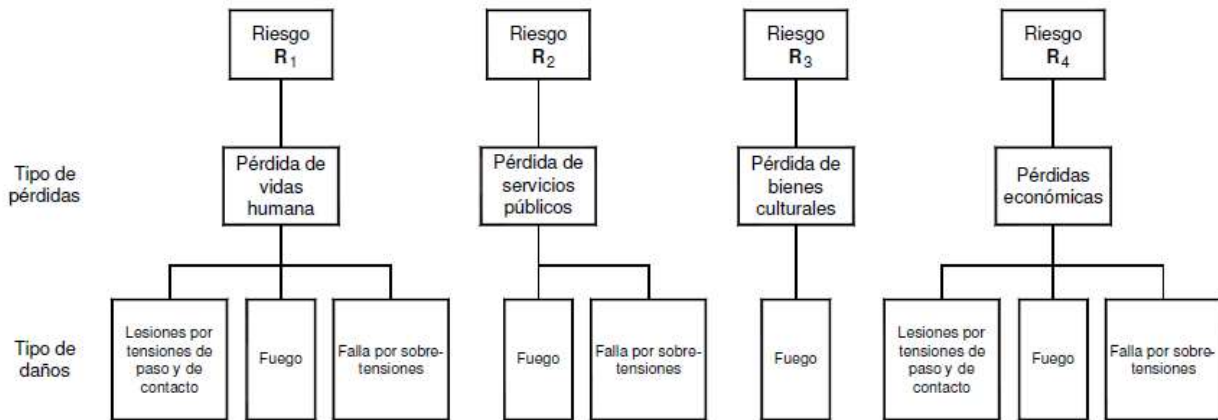
Cada componente de riesgo R_x , puede calcularse a partir de la ecuación general:

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot L_x$$

El número de eventos peligrosos N_x depende de la densidad de descargas a tierra (DDT), el área equivalente de la estructura a proteger, características propias de la estructura, objetos que la rodean, factores ambientales entre otros. La probabilidad de daño P_x , se ve afectada por las características de la estructura a proteger y las medidas de protección aplicadas. Las pérdidas L_x se ven afectadas por el uso que se le da a la estructura, concentración de personas, tipo de servicios públicos y el valor de los bienes afectados.

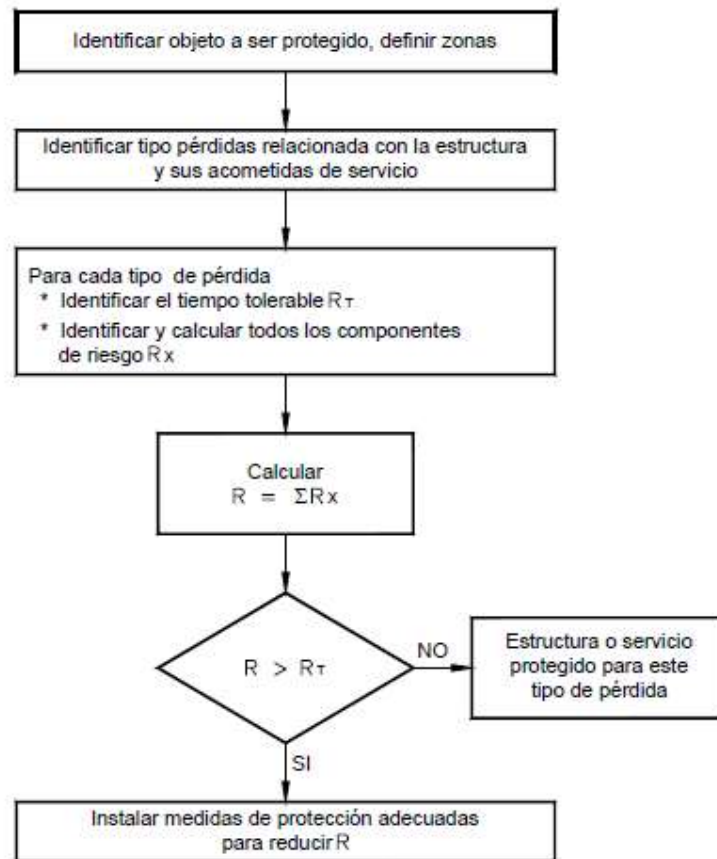
Los tipos de pérdida que resultan de tipos de daño y la relación con el riesgo se muestran en la Figura 53.

Figura 53 Tipo de pérdidas como resultado de diferentes tipos de daño



Fuente: WSP, 2018.

Figura 54 Procedimiento para definir la necesidad de protección contra rayos.



Fuente: WSP, 2018.

Los valores de riesgo tolerables indicados en la NTC 4552-2, se relacionan en la siguiente tabla.

Figura 55Valores de riesgo tolerables

RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO ESENCIAL	RIESGO DE PÉRDIDA DEL PATRIMONIO CULTURAL	RIESGO DE PÉRDIDA ECONÓMICA
R1	R2	R3	R4
1,00E-05	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-04

Fuente: WSP, 2018.

Tabla 56Riesgo de pérdida de vidas humanas y económicas

RI: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{U1} + R_{V1}$$

R_{A1} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$RA1 = N_D \times P_A \times L_A$$

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$$

N_D = Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

A_D = Area colectora asociada al edificio completo

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

$$L = 16 \text{ metros}$$

$$W = 15 \text{ metros}$$

$$H = 4,7 \text{ metros}$$

Por tanto

$$A_D = 1738,8 \text{ m}^2$$

C_D = Factor de localización

$$P_A = P_{TA} \times P_B$$

P_A = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en la estructura

P_{TA} = Medidas de protección adicionales frente a tensiones de paso y de contacto

P_B = Nivel del sistema de protección contra rayos

$$L_A = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z / 8760$$

L_A = Pérdida relacionada con lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto por impactos de rayos en la estructura

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

L_T = Valor promedio típico realativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en la estructura

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

t_z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

RB1

Riesgo por daño físico (incendio o explosión) debido a chispas peligrosas a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$RB1 = ND \times PB \times LB$$

$$LB = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times n_z/n_t \times t_z / 8760$$

LB = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

L_f = Valor promedio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

t_Z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

R_{U1}

Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$R_{U1} =$

$$(N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

$$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

N_L = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrico en estudio

C_i = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6}$$

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

A_{DJ} = Área colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$$A_{DJ} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

$L =$ 0,3 metros

$W =$ 0,3 metros

$H =$ 5 metros

Por tanto

$$A_{DJ} = 724,9 \text{ m}^2$$

C_{DJ} = Factor de localización

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

P_U = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{TU} = Factor de las medidas de protección ante tensiones de paso o de contacto (restricciones físicas, avisos de precaución)

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$L_U = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

L_U = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

L_T = Es el número promedio típico relativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en las líneas de alimentación eléctrica

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

t_z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

R_{VI}

Riesgo de lesiones a personas por daños físicos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{VI} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

P_V = Probabilidad de afectación por daños físicos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

L_V = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en las líneas de alimentación eléctrica de esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

L_F = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

t_z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

$$R_1 = 2,82E-08$$

$$R_T = 1,0E-05$$

EN LAS CONDICIONES CONSIDERADAS, EL RIESGO DE PERDIDA DE VIDAS O LESIONES A PERSONAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MAYOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE Y POR TANTO SE REQUIERE IMPLEMENTAR MEDIDAS ADICIONALES DE PROTECCIÓN

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS (CON MEDIDAS DE PROTECCIÓN)

$R_1 = 9,75E-09$

$R_T = 1,0E-05$

DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS, EL RIESGO DE PERDIDA DE VIDAS O LESIONES A PERSONAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE, POR TANTO, DICHAS MEDIDAS SON EFECTIVAS

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$R_4 = R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4}$

R_{B4}

Riesgo por daño físico (incendio o explosión) debido a chispas peligrosas a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$R_{B4} = \frac{N_D \times P_B \times L_B}{L_B}$

$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$

N_D = Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

N_G = DRT seleccionada

A_D = Area colectora asociada al edificio completo

$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3 \times H)^2$

Largo $L = 16$ metros

Ancho $W = 15$ metros

Alto H= 4,7 metros

Por tanto

$A_D = 1738,8 \text{ m}^2$

C_D = Factor de localización

P_B = Nivel del sistema de protección contra rayos

$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times n_z/n_t \times t_z/8760$

L_B = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

L_f = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

n_z/n_t = valor del patrimonio arquitectónico / valor total de la estructura y su contenido

t_z = Tiempo en horas al año en el cual hay personas presentes en la zona

R_{C4}

Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayos en la estructura

$R_{C4} =$

$N_D \times P_C \times$

L_c

$P_C = P_{SPD} \times C_{LD}$

P_C = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

P_{SPD} = Valor del sistema coordinado de DPS de acuerdo con IEC 62305-4 y el nivel de protección contra rayos para el cual estos DPS están designados

C_{LD} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica a las cuales están conectados los equipos eléctricos y electrónicos internos

L_c = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

R_{M4}

Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca de la estructura

$R_{M4} =$

$$\mathbf{N_M \times P_M \times L_M}$$

$$\mathbf{N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}}$$

N_M = Número de eventos peligrosos debido a impactos cercanos a la estructura

N_G = DRT seleccionada

A_M = Área colectora asociada a las cercanías del edificio

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$$

Largo $L = 16$ metros

Ancho $W = 15$ metros

Por tanto,

$$A_M = 816398,2 \text{ m}^2$$

P_M = Probabilidad de que un impacto cercano a la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$\mathbf{P_M = P_{SPD} \times P_{MS}}$$

P_{MS} = Probabilidad de que un impacto de rayo cercano a la estructura cause fallas y/o averías en los sistemas internos

$$\mathbf{P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2} \quad (B.4)$$

* Los valores K_S son parametros inversamente proporcionales a la probabilidad P_{MS}

K_{S1} = Hace referencia a la efectividad del apantallamiento de la estructura en la zona LPZ 0/1

K_{S2} = Hace referencia a la efectividad al blindaje interno de la estructura en la zona LPZ X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)

K_{S3} = Hace referencia a las características del cableado interno

K_{S4} = Hace referencia al impulso de tensión soportado de los sistemas a proteger

L_M = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos de rayos cercanos a la estructura

$$L_M = L_O \times C_S / C_t$$

R_{V4}

Riesgo de pérdidas económicas por daños físicos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{V4} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

N_L = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$$A_L = 40 \times L_L$$

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrico en estudio

C_I = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6}$$

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

A_{DJ} = Area colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$$A_{DJ} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

C_{DJ} = Factor de localización

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

P_V = Probabilidad de afectación por daños físicos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

L_V = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en las líneas de alimentación eléctrica de esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

L_F = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

n_z/n_t = número de personas en la zona / número de personas en las instalaciones

t_z = Tiempo de ocupación horas-año en el cual hay personas presentes en la zona

R_{W4}

Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$R_{W4} =$

$$(N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

P_W = Probabilidad de falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

L_W = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$L_W = L_O \times C_S / C_t$$

R_{Z4}

Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

R_{Z4} =

$$N_I \times P_Z \times L_Z$$

N_I = Número de sobretensiones de amplitud no menor a 1 kV (1/año) en las líneas de alimentación eléctrica

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_T \times C_E \times 10^{-6}$$

N_G = DRT seleccionada

A_I = Área colectora asociada a las cercanías de las líneas de alimentación eléctrica (acometida) del edificio

$$A_I = 4000 \times L_L$$

C_I = Factor de instalación de la acometida

C_T = Factor del tipo de acometida

C_E = Factor ambiental

P_Z = Probabilidad de que un impacto cercano a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_Z = \frac{P_{SPD} \times P_{LI}}{C_{LI}}$$

P_{LI} = Probabilidad de falla de sistemas internos a causa de impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctricas de la estructura de acuerdo con el tipo de estas y las características de los equipos alimentados

C_{LI} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

L_z = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$L_z = L_o \times c_s / c_t$$

$R_4 = 5,20E-05$

$R_T = 1,0E-03$

POR TANTO, EN LAS CONDICIONES CONSIDERADAS, EL RIESGO DE PERDIDA DE VIDAS O LESIONES A PERSONAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE Y POR TANTO NO SE REQUIEREN MEDIDAS ADICIONALES

RI: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$R_4 = 5,20E-05$

$R_T = 1,0E-03$

DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS, EL RIESGO DE PERDIDAS ECONÓMICAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE, POR TANTO DICHAS MEDIDAS SON EFECTIVAS

Por lo tanto, es necesario tomar medidas de protección, mostradas a continuación:

Tabla 57 Resumen resultados análisis de riesgo por rayos

Riesgo representativo tolerable R_T	Riesgo calculado R_x situación actual	Riesgo calculado R_x con medidas de protección proyectadas	Medidas de protección proyectadas
Afectación a personas R_1			
1,0E-05	2,82E-08	9,75E-09	LPS Clase III conforme IEC 62305-3 Coord. SPD conforme IEC 62305-4
Pérdidas Económicas R_4			
1,00E-03	5,20E-05	5,20E-05	LPS Clase III conforme IEC 62305-3 Coord. SPD conforme IEC 62305-4
LPS - Lightning protection system - Sistema externo de protección contra rayos			
Coord. SPD - Coordinated system protection SPD - Sistema coordinado de protecciones DPS			

Fuente: WSP, 2018.

D)ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

A continuación, se muestra la matriz de referencia para la evaluación de los riesgos eléctricos en la instalación.

Figura 56 Matriz para análisis de riesgos

RIESGO A EVALUAR:		por		(al) o (en)						
		EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)				
		POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Fuente: Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

Esta matriz se aplicó a los equipos y áreas de trabajo que por su accesibilidad son más susceptibles de presentar incidentes y accidentes de origen eléctrico como son: El Transformador, los tableros generales y las bombas. En cada ítem se evaluaron el riesgo por arco eléctrico, contactos directo e indirecto y corto circuito. La aplicación de la matriz se muestra a continuación.

→ Riesgos potenciales eléctricos en la instalación a nivel general

Dentro de la instalación, se deben adoptar las siguientes medidas contempladas dentro del diseño.

Tabla 58 Evaluación de riesgos eléctricos

FACTOR DE RIESGO	DE	CONSECUENCIAS	FUENTES	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES TOMADAS
Arco eléctrico		Una o más muertes o quemaduras graves. Daños económicos importantes, interrupción leve (posibilidad, no ha ocurrido)	Malos contactos, cortocircuitos, apertura de elementos de protección y maniobra bajo carga, acumulación de óxido o partículas conductoras etc.	MEDIO	Uso de envoltentes resistentes a los arcos eléctricos, respetar las distancias de seguridad (110-34 NTC 2050), utilizar la indumentaria apropiada para el trabajo y nivel de tensión en que se trabaje
FACTOR DE RIESGO	DE	CONSECUENCIAS	FUENTES	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES TOMADAS
Ausencia de energía		Accidentes en personas. Pérdidas económicas importantes por procesos dependientes del suministro eléctrico.	Apagón o corte del servicio	MEDIO	Instalación de planta de emergencia con transferencias automáticas
Contacto directo		Desde lesiones menores hasta accidentes mortales, dependiendo del tiempo de duración del contacto, el área de contacto y nivel de tensión entre otros.	Negligencia y falta de experiencia de los trabajadores, violación de distancias de seguridad	ALTO	Diseño basado en distancias de seguridad y espacio mínimo de trabajo según RETIE y 110-34 NTC 2050, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra.
Contacto indirecto		Desde lesiones menores hasta accidentes mortales, dependiendo del tiempo de duración del contacto, el área de contacto y nivel de tensión entre otros.	Fallas de aislamiento y en el sistema de puesta a tierra	ALTO	Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales.

FACTOR RIESGO	DE	CONSECUENCIAS	FUENTES	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES TOMADAS
FACTOR RIESGO	DE	CONSECUENCIAS	FUENTES	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES TOMADAS
Corto circuito		Desde lesiones menores hasta accidentes mortales, daño en equipos e infraestructura. Pérdidas económicas por interrupción del suministro	Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.	MEDIO	Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
Equipo defectuoso		Lesiones en quien lo opere, pérdidas económicas por daño en instalaciones y otros equipos	Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.	MEDIO	Construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético. Mantenimiento periódico. Evitar manipulación indebida de las bombas.
FACTOR RIESGO	DE	CONSECUENCIAS	FUENTES	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES TOMADAS
Descargas atmosféricas		Puede causar una o varias muertes por impacto directo o por sobretensiones en el sistema. Daño de equipos e infraestructura. Pérdidas económicas grandes por falta de suministro de electricidad	Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.	BAJO	Instalación de DPS, Puestas a tierra, Equipotencialización.

FACTOR DE RIESGO	CONSECUENCIAS	FUENTES	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES TOMADAS
Sobrecarga	Daño en equipos e instalaciones, accidentes por electrocución	Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.	MEDIO	Uso de Interruptores automáticos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos.
Tensiones de paso y de contacto	Accidentes en personas e incluso la muerte.	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla	MEDIO	Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, Equipotencialización

Fuente: WSP, 2018.

E)ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO

Los niveles de tensión requeridos para la planta parten de la existencia de una red de alimentación de media tensión alimentando un transformador de 45 KVA 13200/208 V. instalado en poste al exterior del predio, propiedad de codensa s.a. para la planta en general se requieren dos niveles de tensión, el primero de ellos, a 220 voltios realiza la alimentación de la planta de tratamiento compacta a su tablero principal, de la misma manera desde el tablero general de distribución se hace la alimentación de un transformador elevador tipo seco, capacidad de 45KVA nivel de tensión 208/440V. desde allí se hace la alimentación de un CCM para la estación de bombero con un arrancador suave.

F)ANÁLISIS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

No aplica este diseño. De acuerdo con el Artículo 14.4 del RETIE “Los diseños de líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 KV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, deben incluir análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener presencia de personas.” Adicionalmente establece “Para redes de

distribución y uso final, el valor de exposición al público debe medirse a partir de las distancias de seguridad, donde se tenga la posibilidad de permanencia prolongada de personas (hasta 8 horas) o en zonas de amplia circulación del público.”

G) CÁLCULO DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.

No se incluye el cálculo, el transformador es existente.

H1) Análisis cargas conectadas al transformador

Según el diseño, la planta de tratamiento compacta tendría una capacidad instalada de 55 KVA, de los cuales se mantienen en operación 42.3 KVA.

H) CÁLCULO DE PLANTA DE EMERGENCIA

Se realiza el cálculo de la planta de suplencia total para hacer suministro de energía constante para la estación de bombeo y la planta de tratamiento. La planta se dimensiona a continuación.

Tabla 59 Especificaciones de capacidad de planta de emergencia

PLANTA		
Carga	42.3	KVA
Altura		m.s.n.m.
Perdidas	25.6%	
Planta	50.48	KVA
Inom	172.3A	A
Inom al 125%	195.2A	A
PLANTA COMERCIAL		50KVA

Fuente: WSP, 2018.

La planta de emergencia va a alimentar un sistema de transferencia automático y su nivel de tensión de generación es de 208VAC/60 Hz, con factor de potencia de 0.9 inductivo

I) CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para el presente documento no se hace diseño del sistema malla de puesta a tierra, ya que en esta estación se hizo verificación de la condición de dicho sistema.

k.2) Conductores de Baja Tensión

Se Tienen en cuenta los siguientes parámetros de Diseño, que están de Acuerdo a lo consignado en las Normas NTC 2050 y el RETIE

- Regulación de Tensión:
- Circuito Ramal: < 3%
- Desde el Alimentador principal hasta la Salida más lejana de Circuito: < 5%
- Tipo de Acometidas planta de tratamiento: 3 fases, 5 Hilos
- Tipo de Acometidas para estación de bombeo: 3 fases, 4 Hilos
- Tensión de Servicio de baja Tensión: 440/ 277/220/127 V
- Sistema de puesta a tierra

El cálculo del Calibre de los Conductores se Subordinó a la Capacidad de corriente permisible y a la caída de Tensión, respetando los parámetros enunciados.

ACOMETIDAS. Los calibres de las acometidas y alimentadores se Seleccionaron de Acuerdo con la Tabla 310-16 de la NTC 2050.

Para dimensionar los conductores se tomó como referencia los valores de capacidad de corriente de la Tabla 310-16 NTC 2050, con sus respectivos factores de corrección por temperatura y por cantidad de conductores activos (portadores de corriente) para los conductores de baja tensión. Para la energía generada de 420kVA a 440V la corriente nominal es:

$$I_{n(BT)} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_L}$$

Tabla 60 Cálculo de conductor de Acometida BT

2 CALCULO DE CANALIZACIONES EN BT 208 V								
Tramo	Carga (KVA)	Calibre Acometida	Equivalencia Acometida AWG	Constante de Regulación	Conductores x Fase	Regulación Parcial %	Regulación Total %	Descripción Acometida
AE319-TGA1	55,00	4/0 CU	350 AL	4,81759E-04	1	0,26	0,26	3x4/0+1x2/0+1x2TCU
TGA1-TRAFO 208/440	45,00	1/0 CU	3/0 AL	8,64741E-04	1	0,19	0,46	3x1/0+1x2+1x6TCU
TGA 1-TABLERO OFI	10,00	8 CU	6 AL	4,92117E-03	1	0,98	1,44	3x8+1x8+1x8TCU
2 CALCULO DE CANALIZACIONES EN BT 440 V								
TRAFO 440/208-CCM	45,00	4 CU	2 AL	2,01401E-03	1	0,45	0,91	3x4+1x8TCU
CCM BOMBA SUMERGIBLE	7,46	8 CU	6 AL	4,92117E-03	1	0,73	1,65	3x8+1x8TCU
PLANTA DESALINIZADORA	30,00	6 CU	4 AL	3,12320E-03	1	1,41	2,32	3x6+1x8TCU

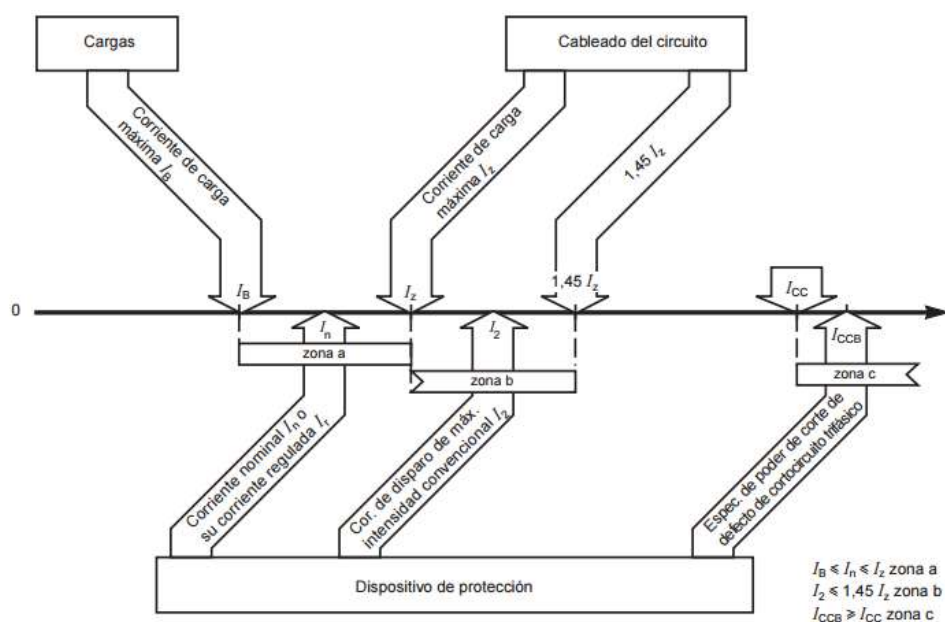
K.3) Valores prácticos para el esquema de protección

Los siguientes métodos están basados en las reglas de las normas IEC y representan las prácticas seguidas en muchos países.

Un elemento de protección (interruptor automático o fusible) funciona adecuadamente si:

- Su corriente nominal o de ajuste I_n es superior a la corriente de carga máxima I_B pero inferior a la corriente máxima permitida I_z para el circuito, es decir $I_B \leq I_n \leq I_z$ correspondiente a la zona “a” en la Figura 57.

Figura 57 Niveles de corriente para determinar las características del interruptor automático o del fusible.



- El ajuste de la corriente de disparo I_2 “convencional” es inferior a $1,45 I_z$ que corresponde a la zona “b” en la Figura 57.

El tiempo de disparo con ajuste “convencional” puede ser entre una y dos horas según las normas locales y el valor real seleccionado para I_2 .

- El calibre de corte de la corriente de defecto de cortocircuito trifásico es superior a la corriente de cortocircuito trifásica existente en el punto de instalación. Esto corresponde a la zona “c” de la Figura 57.

En este texto todos los conductores tienen protección mediante interruptor automático. Gracias a su alto nivel de precisión, la corriente I_2 siempre es inferior a $1,45 I_n$ (o $1,45 I_r$), de manera que la condición $I_2 \leq 1,45 I_z$ (como se indica anteriormente en las “normas generales”) siempre se cumple.

J) CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES.

Protección contra sobre intensidades: Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente y estará dimensionado para las sobre intensidades previsibles.

Las sobre intensidades pueden estar motivadas por: Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia. Cortocircuitos. Descargas eléctricas atmosféricas

a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección está constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. También se recomienda proteger todos los circuitos secundarios frente a los cortocircuitos, con el fin de garantizar la continuidad de servicio de aquellos circuitos no afectados por la falta. Esto exigirá también la coordinación y selectividad de las protecciones (interruptores automáticos (IA).

Tabla 61Cálculo de protecciones en BT

2 CALCULO DE CANALIZACIONES EN BT 208 V							
Tramo	Carga (KVA)	Corriente Carga [Amp]	Corriente Carga al 125%	Corriente Cable [Amp]	Protección	Diametro Tubería	Descripción Acometida
AE319-TGA1	55,00	152,66	190,83	260	3x200	1Ø3"	3x4/0+1x2/0+1x2T CU
TGA1- TRAF0 208/ 440	45,00	124,91	156,13	170	3x175	CARCAMO	3x1/0+1x2+1x6T CU
TGA 1- TABLERO OFI	10,00	27,76	34,70	55	3x50	1Ø1"	3x8+1x8+1x8T CU
2 CALCULO DE CANALIZACIONES EN BT 440 V							
TRAF0 440/ 208-CCM	45,00	59,05	73,81	95	3x100	1Ø1-1/2"	3x4+1x8T CU
CCM BOMBA SUMERGIBLE	7,46	9,79	12,24	55	3x20	1Ø1"	3x8+1x8T CU
PLANTA DESALINIZADORA	30,00	39,36	49,21	75	3x63	1Ø1-1/4"	3x6+1x8T CU

Fuente: WSP, 2018.

K) CÁLCULOS DE CANALIZACIONES

La Selección de la Tubería se Realizó bajo el artículo 310-16 hasta 19, Norma NTC 2050, Aplicando los Factores de corrección por Agrupamiento y Temperatura (Tabla 310-16, NTC 2050).

Tabla 62 Cálculo de ductos de circuitos de baja tensión

2 CALCULO DE CANALIZACIONES EN BT 208 V			
Tramo	Carga (KVA)	Diametro Tubería	Descripción Acometida
AE319- TGA1	55,00	1Ø3"	3x4/0+1x2/0+1x2TCU
TGA1- TRAFO 208/440	45,00	CARCAMO	3x1/0+1x2+1x6TCU
TGA 1- TABLERO OFI	10,00	1Ø1"	3x8+1x8+1x8TCU
2 CALCULO DE CANALIZACIONES EN BT 440 V			
TRAFO 440/208-CCM	45,00	1Ø1-1/2"	3x4+1x8TCU
CCM BOMBA SUMERGIBLE	7,46	1Ø1"	3x8+1x8TCU
PLANTA DESALINIZADORA	30,00	1Ø1-1/4"	3x6+1x8TCU

Fuente: WSP, 2018.

L) CÁLCULO DE REGULACIÓN

Se encuentra en el cálculo de conductores, especificando su cumplimiento de acuerdo a norma.

M) CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

No aplica para este diseño.

N) DIAGRAMAS UNIFILARES

Ver planos adjuntos

O) ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN

Ver planos adjuntos

P) DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

Cuarto eléctrico

Las distancias de seguridad estipuladas para los elementos accesibles según la NTC 2050 artículo 110-16 (Espacio alrededor de los equipos eléctricos) son para el cuarto de tablero y subestación los siguientes:

Tabla 63Distancias mínimas de seguridad para equipos menores a 600 V

Tensión nominal a tierra	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,9	0,9	0,9
151-600	0,9	1,1	1,2

Fuente: NTC 2050

Las distancias de seguridad para equipos a más de 600V:

Tabla 64Distancias mínimas de seguridad para equipos mayores a 600 V

Tabla 110-34.a). Profundidad mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica

Tensión nominal a tierra (V)	Distancia mínima en (m) según la condición		
	1	2	3
601-2500	0,90	1,20	1,50
2501-9000	1,20	1,50	1,80
9001-25 000	1,50	1,80	2,70
25 001-75 000	1,80	2,40	3,00
Más de 75 000	2,40	3,00	3,70

Fuente: NTC 2050

7. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

7.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

7.1.1.BITÁCORA DE OBRA

El día que se inicien los trabajos se abrirá un libro de bitácora en el cual quedarán escritas todas las observaciones o sugerencias que diariamente haga la Interventoría. Además, se dejará constancia de todos los pormenores que puedan suceder en el frente de trabajo, tales como: Estado del tiempo, personal laborando, estado del equipo, accidentes de trabajo, avance de la obra, suministro de materiales etc. Todo aquel que escriba algo en el diario de la obra, deberá firmar y colocar la fecha. La persona responsable de llevar al día este diario será el Ingeniero Interventor, el Ingeniero Residente o el Inspector Encargado de la Obra

7.1.2.MATERIALES A SUMINISTRAR POR EL CONTRATISTA

El Contratista se compromete a conseguir oportunamente todos los materiales que se requieran para la construcción de las obras y a mantener permanentemente una cantidad suficiente que garantice el avance normal de la obra para evitar la escasez de materiales. Los materiales y demás elementos que el Contratista emplee en la ejecución de las obras que se le encomienden deberán ser de primera calidad en su género y para el fin al que se le destine.

En el caso de tuberías, accesorios y equipos el Contratista deberá presentar los certificados de calidad del fabricante.

7.1.3.ENTREGA DE LAS OBRAS

La aprobación y pago de las diferentes actividades está condicionada a la entrega de las estructuras limpias y desinfectadas.

7.1.4.CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Durante el desarrollo de la obra, el contratista deberá garantizar la menor afectación del entorno, realizando entre otras, las siguientes actividades, que estarán incluidas en los costos administrativo, no tendrán pago adicional:

- Realizar limpieza del lugar donde se ejecutarán las obras y donde se dispondrá de instalaciones temporales, efectuando el retiro de toda la vegetación u otro material no deseable de manera tal que la superficie del terreno quede despejada. La remoción, transporte y disposición de todos los residuos respectivos, deberá realizarse al sitio de disposición aprobado.
- Proveer baños para sus trabajadores en el sitio de las obras.

- Conservar y almacenar adecuadamente la capa vegetal que pueda reutilizarse y colocarla una vez hayan finalizado las obras.
- Preservar los árboles existentes, de no ser posible, trasplantarlos.
- Aprobación de la Interventoría del sitio elegido para la disposición de sobrantes de excavación y residuos provenientes de excavación.
- Se deberá mantener ante todo, la zona de obra aislada de peatones y personas particulares para evitar accidentes.
- El apilamiento de materiales, se hará con cuidado y esmero a fin de causar la menor inconveniencia posible al tránsito de vehículos, peatones y propietarios vecinos.
- Se deberá llevar un registro de los vehículos y del tipo y cantidad de material transportado.
- Realizar una adecuada disposición de basura, desperdicio y desechos, mediante la localización de recipientes de recolección en las zonas de obra y áreas de circulación de personal.

7.1.5.CONSIDERACIONES GENERALES

Los ítems descritos a continuación no tendrán medida ni pago por separado y sus costos deberán estar incluidos en el porcentaje de administración de las obras.

- Limpieza inicial y final del sitio donde se realizarán las obras o donde se construirán instalaciones temporales, incluyendo la limpieza y desinfección de las estructuras intervenidas y construidas.
- Mantenimiento de las instalaciones u obras provisionales, así como la adecuación de las áreas respectivas.
- Los equipos y elementos de seguridad requeridos para salvaguardar la integridad física de los trabajadores y público en general.
- La energía eléctrica e iluminación para las instalaciones y operaciones de la obra, así como los demás servicios requeridos en el campamento e instalaciones provisionales.
- El costo del personal de vigilancia.
- Los mayores costos por la ejecución de los trabajos en días feriados, horas nocturnas y turnos extras.

7.1.6.CAMPAMENTO

El campamento es el conjunto de instalaciones con sus servicios temporales que el Contratista empleará en el sitio de sus actividades, situadas en el área de la obra objeto de este contrato, que hayan sido previamente aprobadas para tal efecto por la Interventoría. La Interventoría tendrá libre acceso a todas las áreas e instalaciones del campamento, para la verificación y aprobación de los materiales a emplear en la obra.

7.1.7.PLANOS RÉCORD

El contratista entregará los planos as-built, en formato autocad, con las referencias geográficas implementadas.

7.1.8.ACTIVIDADES PRELIMINARES

7.1.8.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

Se entregará por parte de la entidad contratante al contratista los planos de diseño de las estructuras contempladas en el proyecto en medio digital en sistema vectorial (CAD), junto con los anexos correspondientes.

A partir y de acuerdo con el estudio geoléctrico, el Contratista instalará y georreferenciará 2 mojones con coordenadas planimétricas y altimétricas de acuerdo al sistema de coordenadas del IGAC - Magna-sirgas, en el sitio definido por el estudio, con el fin de utilizar las referencias que se requieran para la correcta ubicación de las obras y tuberías, de manera que en todo momento sea posible verificar los hilos y niveles de cualquier estructura en construcción.

Los mojones serán de concreto de 3000 psi con varilla de 3/8" y flejes de 1/4" con dimensiones de 0.20x0.20x0.60 m, placa en aluminio incrustada en el centro, con leyenda en bajo relieve que facilita la identificación y duración en el tiempo.

El Contratista colocará todas las referencias que se requieran para replantear las estructuras a construir incluyendo cerramiento, tanques, torre de aireación, edificio de operación, centro de administración, baño seco, centro comunitario, portería, tanques comunitarios, etc. El pago relacionado será por m², a excepción del cerramiento el cual se pagará por ml.

La localización de las tuberías tanto de agua potable como de rebose, desagüe y en general las que se requieran se pagarán por metro lineal.

Como parte de la condición para la aceptación de éste ítem, el Contratista deberá entregar el conjunto de planos finales o planos record, ajustados con los cambios durante el desarrollo de la construcción y ejecución de la obra, con datos reales de las obras realizadas, en formato autocad.

7.1.9.EXCAVACIONES

Para sitios con acceso vehicular, se preferirá la excavación a máquina, de no ser posible, las labores se realizarán en forma manual.

Las excavaciones corresponden a material común subyacente a la superficie, con profundidades menores a 4 m. En general el suelo corresponde a material entre suelto y poco compacto, compuesto por arenas, limos, arcillas, capa vegetal, o cualquiera de sus mezclas formadas por

agregación natural y con piedras sueltas de hasta 0.15 m de diámetro y cuya remoción y extracción se puede hacer con herramientas manuales.

Como parte de las labores de excavación se encuentra incluido el retiro de la capa vegetal, en caso de que exista y su cuidado y relocalización en sitio autorizado por la Interventoría.

Las excavaciones mayores a 1m deberán realizarse con talud de mínimo 1H:1V o el que esté indicado en el estudio de suelos. En caso de requerirse excavaciones mayores a 1 m con talud vertical, se deberá instalar entibado discontinuo en madera, o el recomendado en el estudio de suelos.

7.1.10. ENTIBADO TIPO 1A – (DISCONTINUO EN MADERA)

Para excavaciones verticales mayores a 1 m se deberá instalar entibado.

Las paredes de la zanja serán sostenidas por tableros de madera, por secciones, de igual tamaño, dejando espacios libres entre el tablero y el suelo excavado.

El sistema de entibado discontinuo en madera, se construye con largueros, puntales y codales en madera o metálicos. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

Puntales: Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0,04 x 0,20 m con espacios libres máximos de 0,20 m

Largueros: Vigas en madera de sección mínima de 0,10 x 0,20 x 3 m

Codales: Postes metálicos telescopios de diámetro mínimo 101,6 mm (4") o elementos en madera de 0,20 m de diámetro como mínimo, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1,60 m y separación horizontal máxima de 1,60 m en la zona central del larguero y de 1,40 m en los extremos del larguero.

7.1.11. RELLENOS

7.1.11.1. RELLENO EN RECEBO

Este relleno se utilizará como mejoramiento del suelo colocado en un espesor de 0.2 m, bajo las estructuras y compactado al 95% del próctor modificado.

El recebo que se coloque debe cumplir con las siguientes características:

- El tamaño máximo del material debe ser el menor entre el calculado con los 2/3 del espesor de la capa compactada y tres pulgadas (3").
- El material de recebo no debe contener limo orgánico, materia vegetal, basuras ni desperdicios o escombros no clasificados ni ensayados en laboratorio, debe tener un contenido de materia orgánica menor al 5% y una humedad menor al 20%.
- El límite líquido debe ser menor del 45% y el índice de plasticidad menor del 12%.
- El material debe cumplir la siguiente granulometría:

ASTM (pulg)	% Pasa
3"	100
1"	70-100
No.4	30-75
No.40	10-40
No. 200	5-25

Su pago se hará por m³ de material colocado y compactado.

7.1.11.2. RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACIÓN

El material excavado será seleccionado, retirando el contenido de limo orgánico, materia vegetal, basuras, desperdicios o escombros y cualquier otro material que se considere inconveniente por su naturaleza o tamaño. El contenido de materia orgánica deberá ser menor al 5% y el contenido de humedad menor al 20%.

El material a utilizar deberá ser homogéneo, y no deberá contener fragmentos de grava mayores a 5 cm.

Las capas de este tipo de relleno deben compactarse hasta obtener una densidad del 85% del ensayo de compactación Próctor Modificado o en el caso de suelos arcillosos un peso unitario total de por lo menos 16kN/m³ y humedad menor al 45%.

Su pago se realizará por m³, de material colocado y compactado.

7.1.11.3. DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN

El material de excavación que no se utilizará como relleno será dispuesto en el sitio que indique la Interventoría, en una altura no mayor a 0.5 m, teniendo en cuenta que este material no será compactado.

Su pago se realizará por m³.

7.1.11.4. GEOTEXTIL

Entre el suelo natural y los rellenos se instalará un geotextil no tejido NT-1600 o equivalente, para evitar el lavado de los materiales finos.

Su pago se realizará por m³, de material instalado.

7.1.12.CONCRETOS

7.1.12.1. MATERIALES

El Contratista preparará las diferentes clases de concreto que se requieran, de acuerdo con lo especificado en el siguiente cuadro:

Resistencia de diseño a los 28 días - f'c		Tamaño máximo de agregados	
Kilogramos por centímetro cuadrado	Libras por Pulgada Cuadrada	Milímetros	Pulgadas
280	4.000	19	3/4
210	3.000	19	3/4
210	3.000	38	1 ½
140	2.000	38	1 1/2

Fuente: WSP, 2018

El Contratista suministrará todos los materiales que se requieran en la elaboración del concreto y notificará a la Interventoría, en cuanto al uso de cualquier material en las mezclas de concreto. No deberá efectuarse ningún cambio respecto de la fuente de los materiales o de las características de los mismos, sin que medie la aprobación previa y por escrito del Interventor.

Cuando cualquier material, por cualquier razón, se haya deteriorado, dañado o contaminado y, en opinión de la Interventoría no deba usarse en la elaboración de ninguna clase de concreto, ese material deberá ser removido, retirado y reemplazado por y a cuenta del Contratista.

Todo el cemento que se use en la preparación del concreto deberá ser de buena calidad, procedente de una fábrica aprobada por la Interventoría y deberá cumplir con los requisitos para el cemento Portland Tipo I, según las designaciones ICONTEC 321 y 121. Sólo se aceptará cemento de calidad y características uniformes, que no pierda resistencia por almacenamiento en condiciones normales, y en caso de que se transporte en sacos, éstos deberán ser lo suficientemente herméticos, fuertes e impermeables, para que el cemento no sufra alteraciones durante su transporte, manejo y almacenamiento.

El agua que se vaya a usar en las mezclas de concreto deberá someterse a la aprobación de la Interventoría y deberá ser limpia, fresca y estar exenta de impurezas, tales como aceite, ácido, álcalis, cloro, sales, sedimentos, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales que puedan perjudicar la resistencia o durabilidad del concreto. En caso de agua de calidad dudosa, deberá someterse a pruebas de laboratorio para decidir sobre su posible utilización. Si el agua se va a tomar de una fuente hídrica, el Contratista deberá obtener los permisos necesarios.

Todas las superficies del Concreto vaciado se deberán proteger adecuadamente de la acción del sol, las lluvias, el agua de escorrentía, los vientos y demás factores perjudiciales para el acabado, funcionalidad, capacidad de servicio y/o resistencia.

Los concretos se pagarán de acuerdo con su resistencia, si son o no impermeabilizados y de acuerdo con su funcionalidad, en todo caso por m³.

7.1.12.2. CURADO

Para asegurar un adecuado curado de los concretos, el Contratista implementará las acciones necesarias y suficientes que eviten la pérdida de humedad de éstos, entre alguna de las siguientes:

- Humedecimiento mediante rociado continuo con agua fresca.
- Cobertura y contacto con elementos permanentemente humedecidos.

7.1.12.3. JUNTAS CONSTRUCCIÓN DE TANQUES

La unión entre la pared y el anillo de fundación no es una junta de construcción propiamente dicha, sólo se requiere que allí se desarrolle un vínculo friccional, aunque tal unión esté conformada por superficies lisas, siempre y cuando se garantice su limpieza.

En las paredes de los tanques y en la cúpula donde habrá juntas de construcción según los planos paralelos, se evitará que las juntas según planos meridianos de las distintas fajas, coincidan. El valor de estas juntas, debe quedar incluido en el precio unitario del concreto.

Cuando en los planos de la obra se indiquen sellos metálicos, caucho o PVC, el costo del suministro y colocación de este elemento se pagará por metro(m) en ítem por separado.

Para conseguir mejor adherencia e impermeabilidad es recomendable que la parte superior de los vaciados se ejecute con el mínimo de asentamiento para permitir la consolidación más conveniente, debe evitarse el tráfico sobre la superficie dispuesta para la junta y es igualmente recomendable, evitar en lo posible, el uso de formaletas para las superficies de junta.

7.1.13.INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS DE ACUEDUCTO PRESIÓN Y SANITARIA

Las actividades descritas en esta sección comprenden el suministro y la instalación de elementos como tuberías, válvulas, hidrantes, accesorios como Tees, codos, tapones, uniones y adaptadores; conexiones entre estructuras, medidor y cualquier otro accesorio que se requiera para el buen funcionamiento de las estructuras y elementos hidráulicos.

Las actividades especificadas incluyen entre otras, el suministro, instalación o construcción de:

- Tubería y accesorios de PVC – P
- Tubería y accesorios de PVC- SANITARIO
- Tubería y accesorios de hierro dúctil
- Válvulas
- medidor
- Tapas para las estructuras de almacenamiento
- Elementos para PTAP
- conexiones entre estructuras

El Contratista debe suministrar todos los elementos menores que no se encuentren en la lista del formulario de cantidades de obra o en los planos, como tornillos o empaques que sean

necesarios para la correcta instalación de tuberías, válvulas y accesorios, elementos que no tendrán medida ni pago por separado y que deberán estar incluidos en los correspondientes precios unitarios de los ítems de suministro.

Se debe tener en cuenta la movilización de materiales, equipos, herramientas, combustibles y personal requerido al sitio de las obras, la construcción de las instalaciones temporales necesarias, incluyendo el suministro de mano de obra, materiales, herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo todas las labores.

7.1.14.ACEROS

Las varillas de refuerzo se deberán doblar de acuerdo con los requisitos establecidos en el Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes. Cuando el doblado del refuerzo vaya a ser realizado por un proveedor cuyas instalaciones se encuentren fuera de la obra, el Contratista deberá suministrar y mantener en el sitio de la obra, por su cuenta, una máquina dobladora y una existencia adecuada de varillas de refuerzo que permitan ejecutar rápidamente las adiciones o revisiones que se consideren más urgentes.

El refuerzo se deberá colocar con precisión en los sitios mostrados en los planos y se deberá asegurar firmemente en dichas posiciones durante la colocación y fraguado del concreto. El refuerzo se deberá mantener en su posición correcta por medio de bloques pequeños de concreto, silletas de acero, espaciadores, ganchos o cualesquiera otros soportes de acero que apruebe la Interventoría. Las varillas de acero que se crucen, se deberán unir en los sitios de cruce con alambre amarrado firmemente mediante un nudo en forma de 8. Sin embargo, cuando el espaciamiento entre las varillas sea inferior a 30 centímetros (12 pulgadas) en cada dirección, únicamente será necesario amarrar los cruces en forma alternada. Los extremos del alambre para el amarre de las intersecciones y los soportes del acero no deberán quedar al descubierto y estará sujetos a los mismos requisitos referentes al recubrimiento de concreto de varillas que soportan.

En el momento de su colocación, el refuerzo y los elementos metálicos de soporte deberán estar libres de escamas, polvo, lodo, pintura, aceite o cualquier otra materia extraña, y se deberán mantener en esas condiciones hasta cuando sean cubiertos completamente por el concreto.

Las varillas de refuerzo se deberán colocar en tal forma que quede una distancia libre de por lo menos 2.5 cm entre éstas y los pernos de anclaje o elementos metálicos embebidos. A menor que los planos o la Interventoría indiquen algo diferente, se deberán obtener los recubrimientos mínimos especificados en el Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes.

7.1.15.CONTROL DE CALIDAD

Todos los concretos que se instalen en la obra deberán cumplir con los requerimientos de resistencia, acabado y capacidad de servicio que definan los diseños, planos, especificaciones particulares, Normas Técnicas y/o la Interventoría y además deberán contar con muestras

representativas que serán obtenidas en las formaleas metálicas tal como lo establece la norma correspondiente, curadas en un sitio apropiado con el fin de garantizar que estas no sean manipuladas durante el periodo de curado, transportadas y ensayadas por personal idóneo y equipo adecuado de conformidad con lo previsto en la NSR-10 y las siguientes Normas ICONTEC:

- NTC 396: Método de ensayo para determinar el asentamiento del Hormigón.
- NTC 454: Hormigón fresco. Toma de Muestras.
- NTC 550: Cilindros de Hormigón tomados en Obra para ensayo a la compresión.
- NTC 673: Ensayo de resistencia a la compresión de Cilindros de Hormigón.
- NTC 1377: Viguetas de Hormigón para ensayo de resistencia a la flexión.
- NTC 2871: Ensayo de resistencia a la Flexión de vigas de Hormigón.

Cada muestra que se obtenga del concreto instalado en obra, deberá cumplir con lo especificado en las Normas ICONTEC NTC 396 - Asentamiento del Concreto -, NTC 454 - Muestreo del Concreto - y NTC550 - Elaboración y curado de Muestras de Concreto en Obra, y deberá estar constituida, como mínimo, por seis (6) unidades, que se deberán ensayar en un laboratorio previamente aprobado por la Interventoría y de acuerdo con el siguiente criterio o con el que defina la Interventoría, así:

- Dos Unidades a los 7 días.
- Dos Unidades a los 28 días.

Dos unidades permanecerán al cuidado y protección del Contratista, como testigos del concreto que representan, según la Norma ICONTEC NTC 673. Salvo las modificaciones que estime convenientes la Interventoría, a continuación, se detallan los criterios generales mínimos a tener en cuenta para la realización de los ensayos del concreto a ser instalado en obra, así:

- Para los ensayos de asentamiento del concreto premezclado o elaborado en obra, se obtendrá una muestra de concreto por cada 5,0 m³ de concreto que se vaya a instalar en la obra y se dará cumplimiento a lo especificado en las Normas ICONTEC NTC 396 y 454.
- Para los ensayos de resistencia a la compresión del concreto, se obtendrá una muestra de concreto de seis (6) cilindros por cada vaciado continuo diario o por cada 20,0 m³ de concreto o por jornada de vaciado que se vayan a instalar en la obra y además, se dará cumplimiento a lo especificado en las Normas ICONTEC NTC 454-550 y 673.A. Así mismo, deberá tenerse un resultado de ensayo de compresión que garantice la calidad de este concreto, cuya cantidad será definida por el Interventor.
- Para los ensayos de resistencia a la flexión del concreto, se obtendrá una muestra de concreto de seis (6) viguetas, por cada vaciado continuo diario o por cada 20,0 m³ de concreto o por cada jornada de vaciado que se vaya a instalar en la obra, y se dará cumplimiento a lo especificado en las Normas ICONTEC NTC 454, NTC 474, NTC 1377 y NTC 2871. En el evento de que la Interventoría solicite al Contratista la ejecución de ensayos adicionales a los mínimos arriba citados, el costo total de los adicionales le será pagado a éste mediante la modalidad de costo real directo más el porcentaje de Administración y Utilidades pactado en el Contrato.

El Contratista, de manera oportuna y adecuada, entregará los reportes de resultados a la Interventoría para su evaluación. En caso de que los resultados obtenidos estén por debajo de los valores especificados para la clase de concreto ensayada, la Interventoría podrá ordenar las pruebas y ensayos adicionales que estime necesarios para determinar las acciones remediales que sean necesarias o incluso para ordenar la demolición y reconstrucción del elemento de concreto afectado. En ambos casos, el Contratista será quien asuma todos los costos requeridos.

El criterio de resistencia para el concreto a los 28 días se basará en que por lo menos un 80 por ciento de los ensayos de resistencia a la compresión para cada clase de concreto que se haya colocado, den una resistencia igual o superior a la resistencia especificada.

La evaluación de estos ensayos se hará de acuerdo con las normas ICONTEC 673.

Las varillas de refuerzo y la malla electrosoldada deberán ser sometidas a ensayos en la fábrica, de acuerdo con las normas aplicables de la ASTM y de ICONTEC. El Contratista deberá suministrar al Interventor una copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizados por el fabricante para cada lote, o el número de identificación del acero correspondiente a los lotes de refuerzo hechos para la obra.

Si el Contratista no suministra evidencia satisfactoria de que el refuerzo cumple con los requisitos establecidos en esta sección, la Interventoría llevará a cabo los ensayos del caso antes de aceptar el refuerzo respectivo, y el costo de dichos ensayos será por cuenta del Contratista.

7.2. ESPECIFICACIONES PARTICULARES

7.2.1. POZO

7.2.1.1. GENERALIDADES

La perforación del pozo se realizará en el sitio y profundidad propuesto a partir del estudio geoelectrico y donde las condiciones de localización permitan la ubicación de la infraestructura necesaria.

El pozo exploratorio se realizará por el sistema de rotación, de circulación directa, en diámetro de 8", a partir de una plataforma previamente adecuada.

Se tomarán muestras del subsuelo perforado a intervalos de 1 metro o en cada cambio de litología, las cuales se describirán en una bitácora. Se darán además indicaciones sobre retrituración del material, derrumbes, posibles zonas de falla, etc. Para la preservación de las muestras colectadas se utilizarán bolsas de polietileno marcadas con tinta indeleble, según la profundidad que se lleve en ese momento y dispuestas ordenadamente.

Una vez concluida la perforación exploratoria, se recomienda correr de inmediato un registro eléctrico, el cual debe incluir la curva de Resistividad con normal, corta y larga, de Potencial Espontáneo y Gamma.

Con el registro eléctrico se suministrará, además: los resultados de la rata de perforación, el perfil geológico, los análisis granulométricos y las hojas de control de la perforación con las observaciones que se haya efectuado.

Con todos los datos anteriores se harán las correlaciones pertinentes y se elaborará el diseño definitivo del pozo, para su correcta construcción y terminación.

La Empresa CONTRATISTA, suministrará toda la mano de obra, transporte, equipos, materiales, herramientas menores y mayores y en fin todos los servicios conexos necesarios para la realización de los trabajos de perforación, entubado, suministro e instalación de bomba y base en concreto. En los alcances del trabajo se deben incluir todas y cada una de las sub-actividades implícitas para su realización, de forma general los requerimientos para el pozo están resumidos en las siguientes actividades:

- Transporte, adecuación e instalación de la maquinaria en el sitio de perforación y construcción de las piscinas de lodo.
- Perforación de sondeo en 8 ½" exploratoria.
- Toma e interpretación de registro eléctrico.
- Suministro, transportación e instalación de tubería ciega PVC y accesorios.
- Suministros, transportación e instalación de tubería ranurada PVC y accesorios.
- Recirculado y engravillado
- Lavado y desarrollo del pozo con pistón, químicos y todos los métodos necesarios para dejar limpio el pozo.
- Construcción base del pozo.
- Sello sanitario e informe final.
- Suministro y transporte de gravilla seleccionada y clasificada de acuerdo a las arnuras de los filtros y del grano de la formación atravesada.
- Aforo y prueba de bombeo con bomba sumergible y planta eléctrica.
- Clausura (sello) de foso de perforación por inhabilitación debida a calidad del agua.

Durante la realización del trabajo del pozo, es necesario cumplir con la normativa vigente y aplicar métodos especializados de ingeniería. A demás, es necesario cumplir con los siguientes requerimientos:

- Señalización del sitio de trabajo: Utilizar cintas de aislamiento o letreros de advertencia para evitar el ingreso de personas al sitio de trabajo y evitar riesgos. La señalización debe ser dirigida a la población indígena.

- Protección vestigios arqueológicos: en caso de encontrar vestigios arqueológicos, se debe, reportar ante la Corporación Autónoma Regional de La Guajira, para realizar los trámites pertinentes en conformidad con la Autoridad y Normatividad.
- Manejo de residuos sólidos: Se debe disponer en canecas rotuladas, para luego ser dispuestas en rellenos sanitarios autorizados. Para el manejo de residuos líquidos, se deben instalar unidades sanitarias portátiles. En caso de generarse residuos líquidos industriales, estos deben ser manejo conforme a los lineamientos del Decreto 1594 de 1984.
- Transporte de equipos, materiales e insumos: Para realizar estas actividades, se deben cumplir con los preceptos consignados en la Resolución 541 de 1994, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Reconformación del terreno: Una vez terminada la construcción del pozo, se debe asegurar la reconstrucción de los terrenos intervenidos (piscina de lodo, canales de flujo de perforación, disposición del ripio de perforación, entre otros)

7.2.1.2. ESTUDIO GEOELÉCTRICO

7.2.1.2.1. ETAPA PRE-CAMPO

La etapa pre-campo incluye todas las actividades de recolección, revisión y análisis de información existente en la zona de estudio para preparar y/o planear todas las actividades de la etapa de campo.

En esta etapa, se prepara toda la información hidrogeológica, geofísica, topográfica, geológica, geomorfológica de la zona a explorar, para así diseñar el tipo de configuración y arreglo del método geofísico Geoeléctrico necesario a implementar en la etapa de Campo.

La bibliografía y documentos a consultar se detallan a continuación:

- Cartografía 1:100000 o mayor detalle del Servicio Geológico Colombiano SGC, antiguo INGEOMINAS.
- Memorias de la cartografía 1:100000 o de mayor detalle.
- Mapa de Fallas y Pliegues cuaternarios de Colombia Paris 2002.
- Estudios de Geoeléctrica existentes regionales y/o locales en la zona de estudio
- POT municipal.
- Atlas de Agua Subterránea de Colombia 1:500000, del SGC, antiguo INGEOMINAS.
- Guía metodológica para la elaboración de estudios Ambientales.
- Ayuda de imágenes aéreas mediante Sensores Remotos.

En la etapa pre-campo se realiza un cronograma de actividades detallado para lograr cumplir los tiempos pactados para la realización y entrega del estudio.

Un factor importante que se realiza en esta etapa es un análisis de calidad para los datos que se recolectan en campo, además se garantiza la revisión, calibración y buen funcionamiento de los equipos, herramientas y vehículos que se usarán en el proyecto, etc.

7.2.1.2.2.ETAPA DE CAMPO

En esta etapa se realiza la adquisición y toma de los datos en el lugar de estudio, esta fase contempla la adquisición de la información que se describe a continuación.

Levantamiento de información geológica (Incluye columnas estratigráficas si es posible, cartografía geológica, etc.).

Adquisición de datos geofísicos tomografía eléctrica de acuerdo a las características de la zona de estudio.

Obtención de datos GPS asociados al sistema de referencia MAGNA – SIRGAS – IGAC, con el fin de obtener las coordenadas de los puntos de muestreo de cada Tomografía adquirida. (Norma IGAC - Resolución 68 de 2005).

Herramientas y equipos a utilizar:

- Equipos de exploración geofísica – Método Geoeléctrico: Equipo de tomografías eléctricas DUK-2A Multi-Electrode. (60 ó 120 canales).
- Abem Terrameter SAS 1000.
- Brújula y Martillo Geológico
- GPS
- Radios intercomunicadores
- Cintas Métricas.
- Mazos.
- Cinta guía.
- Camioneta 4x4.

Esta etapa puede tener una duración de quince (15) días para las 10 Tomografías geoeléctricas.

7.2.1.2.3.ETAPA POST-CAMPO Y PROCESAMIENTO

Esta etapa contempla el procesamiento de toda la información recolectada y adquirida en campo.

El procesamiento de la información primaria consiste en la visualización, revisión y análisis de la información adquirida en los puntos de control, luego de esto, realizar la interpretación de la

tomografía resaltando los rasgos más relevantes que el cliente quiere ver, realizar los ajustes cartográficos en la geología, y finalmente generar el modelo hidrogeológico conceptual 3D.

La información Geofísica – Geoeléctrica de la Tomografía eléctrica, serán ajustados mediante el cálculo de resistividades aparentes a resistividades reales mediante un proceso de inversión matemática implementado por Bobachev (2002). – Procesos de inversión 1D y 2D (Tomografía geoeléctrica).

Con los resultados obtenidos se define la posibilidad de realizar una exploración de un pozo realizando una perforación. Los resultados indicaran ubicación, profundidad y diámetro de perforación.

7.2.1.3. POZO EXPLORATORIO

Es importante aclarar que para realizar esta actividad es necesario el permiso de CORPOGUAJIRA, quien previamente solicita un análisis hidrogeológico del punto a explorar.

De los resultados del estudio geoeléctrico se obtiene ubicación y profundidad del pozo, el cual se realiza con el fin de obtener información primaria sobre el sitio donde se desarrollará la explotación de agua y poder realizar el diseño del pozo definitivo.

Durante el proceso de perforación se realizarán las siguientes actividades:

- Toma de muestras de suelo de los diferentes perfiles para realizar la caracterización litográfica.
- Verificación del nivel estático del agua.
- Prueba de bombeo de 24 horas para verificar nivel dinámico, abatimiento y velocidad de recarga.
- Toma de muestra de agua para análisis fisicoquímico en laboratorio certificado

Herramientas y equipos a utilizar:

- Equipos de exploración – Taladros de rotación o Martillo.
- Conjunto bomba motor de 10 hp como mínimo
- Planta eléctrica (Diésel o Gasolina)
- Equipo topográfico para determinación de niveles
- GPS
- Radios intercomunicadores
- Cintas Métricas.
- Recipientes para toma de muestra
- Cámara
- Camioneta 4x4.

Como resultado del informe de exploración se define si existe la posibilidad de realizar una captación de agua y si es viable se genera el informe de solicitud de concesión de aguas a CORPOGUAJIRA, quienes indicaran finalmente la cantidad de agua a captar

Con las conclusiones de CORPOGUAJIRA y los resultados de los estudios geoelectricos y los resultados de la exploración se diseña el pozo definitivo

7.2.1.3.1.PERFORACIÓN DEL POZO

Con el permiso de CORPOGUAJIRA otorgado y el diseño de pozo realizado se procede a realizar la perforación del pozo ya sea con martillo o equipo rotatorio, por lo general se utiliza equipo rotatorio para profundidades mayores a 50 m.

Como el pozo ya tenía una perforación para un diámetro exploratorio, se amplía el diámetro de perforación para construir el pozo definitivo, es decir se amplía hasta el diámetro del contra adame.

Se realiza una tercera perforación que amplíe la primera sección del pozo para la instalación del sello sanitario.

7.2.1.3.2.LAVADO DEL POZO

Con el fin de dar estabilidad al pozo, se hace un lavado del mismo con bentonita, con la cual se busca:

- Remover los sedimentos del pozo
- Prevenir que las paredes del pozo se derrumben
- Sostener los sedimentos cuando se detiene la circulación
- Decantar el sedimento cuando este llega a la superficie
- Enfriar y lubricar la herramienta de corte y las barras

7.2.1.3.3.INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA

En el pozo se instalan la tubería ciega y la tubería ranurada.

La instalación de tubería consiste en instalar primero la tubería ranurada hasta el nivel indicado por el diseño de pozo. El objeto de esta tubería es permitir el paso del agua hacia el interior del pozo.

Posteriormente se instala la tubería lisa o ciega hasta la superficie del pozo. El objetivo de esta tubería es no permitir el paso del agua hacia el interior del pozo.

7.2.1.3.4.INSTALACIÓN FILTRO DE GRAVA

Posterior a la instalación de la tubería, se instala la grava en la sección anular entre la pared del pozo y la tubería de ademe, con el objetivo de que esta funcione como un filtro que permita mejorar la calidad del agua, impidiendo el paso de partículas hacia el interior del pozo.

7.2.1.3.5.DESARROLLO DEL POZO

Se llama desarrollo del pozo la operación tendiente a eliminar las fracciones más finas del material acuífero en las inmediaciones de la rejilla. Con esto se estabiliza la formación y se alcanza una granulometría más gruesa y uniforme en esa zona. Este proceso constituye el verdadero acabado del pozo con el cual alcanza su máxima capacidad.

Fundamentalmente se obtienen 3 ventajas:

- Se repara cualquier daño u obstrucción que haya sufrido la formación, como consecuencia de la perforación.
- Se aumenta la permeabilidad y la porosidad de los alrededores del pozo.
- Se estabiliza la formación.

Existen muchas técnicas para desarrollo de pozos que dependen de las características de los acuíferos y el tipo de equipos usados en la perforación. Cualquier procedimiento debe ser capaz de limpiar el pozo de tal manera, que la concentración de arena sea la mínima permitida para un uso particular. El desarrollo del pozo debe continuar hasta que se tenga un agua completamente clara. El tiempo requerido para esto depende de la naturaleza de la formación, tipo de rejilla y equipo empleado.

SOBREBOMBEO.

El método más simple de remover finos de una formación es bombeando un caudal mayor que el de diseño. Este procedimiento rara vez produce buenos resultados, porque los efectos se concentran en zonas muy cercanas a la rejilla del pozo. Con rejillas de gran longitud, el desarrollo se concentra especialmente en la parte superior de la rejilla. Otra objeción a este método es la dificultad en obtener equipo con suficiente capacidad a un costo razonable. Algunas veces se utiliza el equipo regular del pozo, sin embargo, esto lo expone a sufrir averías por la arena y las partículas finas bombeadas.

BOMBEO INTERMITENTE.

Este método consiste en provocar paradas y arranques sucesivos de la bomba, con el fin de crear variaciones bruscas de presión. El efecto que se consigue es hacer bajar intermitentemente el nivel de agua en el pozo, de manera que la dirección de flujo quede invertida alternativamente. Este método tiene la desventaja de producir un desgaste excesivo en el equipo de bombeo y no es lo bastante potente para los pozos que necesitan un desarrollo rápido. Para evitar el peligro de que la arena obstruya la bomba, el bombeo debe empezarse con un caudal reducido y aumentarlo gradualmente al máximo.

DESARROLLO CON PISTÓN O ÉMBOLO.

Un método muy efectivo de desarrollar una formación acuífera es mediante el desplazamiento de un émbolo hacia arriba y hacia abajo en el pozo, a la manera de un pistón dentro de un cilindro.

El tiempo de desarrollo que podría necesitarse puede variar desde horas en pozos pequeños, hasta 2 ó 3 días en pozos grandes.

AIRE COMPRIMIDO.

El aire comprimido se utiliza con eficacia, como una herramienta de desarrollo.

Al empezar el desarrollo se baja la tubería de bombeo unos 60 cm por debajo de la rejilla. Se coloca el tubo de aire, de tal manera que su extremo inferior quede a 30 cm o más por encima del extremo inferior de la tubería de bombeo y se introduce aire para bombear el pozo, según el método normal de aire comprimido, hasta que el agua quede libre de arena.

CHORROS DE ALTA VELOCIDAD.

El empleo de un chorro de alta velocidad es quizás el mejor método para desarrollar un pozo. Tiene las siguientes ventajas:

- La energía se concentra sobre un área pequeña, con obviamente mayor efectividad.
- Cada parte de la rejilla puede ser tratada en forma selectiva, lográndose un desarrollo completo, si sus aberturas se hallan muy próximas y son de la forma adecuada, para que el chorro pueda ser dirigido hacia el material de la formación.
- Resulta muy sencillo de aplicar, y no es susceptible de causar problemas.

DESARROLLO CON ADITIVOS.

Adicionar una pequeña cantidad de polifosfato, antes o durante el desarrollo, ayuda considerablemente a remover las arcillas naturales y las depositadas por el fluido de perforación.

7.2.1.3.6. AISLAMIENTO VERTICAL Y FILTRO SANITARIO

Cuando el agua subterránea procedente de pozos se destina al consumo humano hay que tomar precauciones para evitar su contaminación y obtenerla en condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas.

Toda el agua que se infiltra en la tierra tiene algún grado de contaminación. La precipitación puede tener dióxido de carbono, minerales, bacterias y contaminantes inorgánicos. Una vez la precipitación entra en contacto con la superficie del terreno, puede contaminarse con bacterias, virus y sustancias tóxicas.

Cualquier pozo puede ser contaminado biológica o químicamente por sustancias que pueden entrar a él, desde la superficie o por las rejillas.

Se procede entonces a construir una estructura de concreto desde el adame hasta tres veces el diámetro del mismo, con el fin de evitar infiltración de productos que caigan cerca el pozo, permitir estabilidad en la parte superficial del pozo y dar soporte a las estructuras que sostienen la bomba.

7.2.1.3.7.INSTALACIÓN DE LA BOMBA

Sobre la estructura del filtro sanitario se instalan armazones metálicos que permitan asegurar la bomba y evitar que ésta caiga al fondo del pozo, es recomendable colocar un cable de seguridad a la bomba para evitar la pérdida de ésta.

7.2.1.4. REGISTROS E INFORMES

La empresa de perforación está obligada a llevar para la verificación de la interventoría un registro diario o bitácora de todas las actividades de perforación realizadas. La bitácora tendrá dos copias, una de las cuales estará destinada a la interventoría, mientras que la otra será para el contratista. El registro diario de la bitácora o de cada perforación indicará clara y exactamente lo siguiente:

- Profundidad perforada durante el día.
- Clasificación y descripción técnica de los materiales encontrados a lo largo de la perforación.
- Profundidades en las cuales ocurren cambios en la formación geológica.
- Profundidades en las cuales ocurren derrumbes.
- Dureza relativa de todas las formaciones encontradas durante la perforación.
- Aparición de nuevas formaciones acuíferas interceptadas, y fluctuaciones de los niveles del agua.
- Para lograr lo arriba indicado, El jefe de la cuadrilla de perforación llevará un control de los siguientes datos:
 - Tiempo utilizado en perforar cada tramo de un metro.
 - Nivel estático antes de iniciar los trabajos cada mañana y unos minutos antes de suspenderlos por la tarde.

Al final de la perforación del pozo, el contratista entregará a la interventoría un informe completo del pozo construido, describiendo todos los trabajos efectuados e indicando los resultados logrados y las recomendaciones para lograr una explotación adecuada del pozo. En el informe se incluirá:

- Formulario de control diario de perforación.
- Registros estratigráficos.
- Registro de pruebas de bombeo y recuperación.
- Diseño y datos de construcción del pozo.
- Análisis de la calidad del agua.
- Toda otra información que la empresa de perforación considere útil a los fines del diseño y posterior operación y mantenimiento del pozo.
- Toda información relacionada con el trabajo que sea requerida por la interventoría.

7.2.1.5. DISEÑO DEL POZO

A partir de los resultados obtenidos de las pruebas y análisis de laboratorio, los perfiles estratigráficos definidos y se cuente con toda la información de la empresa perforadora del pozo, se requieren diseños a detalle sobre el pozo, para su operación y mantenimiento. El contratista, teniendo en cuenta adicionalmente, las condiciones de la zona, el caudal de demanda del proyecto y el caudal de diseño de la Planta Desalinizadora, elaborará el Diseño del pozo, dentro del que deberá incluir como mínimo:

- Diseño del sistema fotovoltaico,
- Especificaciones y cantidad de paneles, estructura de soporte de paneles, ubicación y separación entre los paneles, ángulos de inclinación y dirección de los paneles, Recomendaciones para la instalación del Sistema de Generación Fotovoltaica
- Recomendaciones para la Operación del Sistema de Generación Fotovoltaica
- Especificaciones de la bomba sumergible y recomendaciones particulares para su operación.
- Especificaciones del motor y recomendaciones particulares para su operación.
- Especificaciones del inversor, brackers, cables, y todos los equipos y elementos necesarios para la operación y recomendaciones relacionadas la operación de los mismos.
- Especificaciones de los equipos y elementos necesarios para la operación.
- Especificaciones técnicas particulares para las actividades de operación.
- Manual de operación y mantenimiento.
- Competencia del personal de instalación.
- Competencia del personal de operación.
- Competencia del personal para el mantenimiento.
- Frecuencias del mantenimiento de cada uno de los equipos.

- Mapa de riesgos sobre la operación del pozo.

7.2.2.CERRAMIENTO PERIMETRAL

El contratista deberá construir un cerramiento perimetral al predio donde se construirá el punto de extracción de agua y pila pública, ubicada en la comunidad UTKAP, como se indica en los planos anexos al presente documento.

Este cerramiento tiene una longitud aproximada de 154 m, la cimentación contará con base de concreto de limpieza de 0.05 m y sobre esta, zapatas de 1.0 x 1.0 m y $h=0.3$ m enterradas a 1.2 m aproximadamente de la rasante, las columnas se construirán cada 3.0 m y tendrán sección de 0.3 x 0.3m, la viga de cimentación y la viga de amarre sobre los muros tendrán sección de 0.3 x 0.3 m, El muro se construirá en ladrillo común confinado hasta una de $h=1.50$ m. La viga de cimentación, viga de amarre, las columnas y las zapatas se construirán en concreto de 21 MPa (3.000 psi).

Sobre la viga de amarre se instalará un sistema de seguridad perimetral compuesta por un alambrado conectado a un energizador, una sirena, 6 hilos, aisladores anti lluvia de polietileno, tensores, anclajes, avisos de peligro cada 9m, sistema puesta a tierra, demás accesorios que se requieren para garantizar la seguridad y contener el ingreso de intrusos. Este sistema perimetral deberá ser no letal.

Este cerramiento contará con una puerta metálica vehicular y una puerta de ingreso, que se construirá de acuerdo a lo establecido en los planos y conforme a las indicaciones de la interventoría, Se entregará pintada con dos capas de anticorrosivo y terminada con dos capas de pintura sintética.

7.2.2.1. CONTROL DE CALIDAD

La Interventoría estará encargada de la revisión y aceptación de los trabajos, de acuerdo con la información indicada en los planos de diseño y la presentada por el Contratista.

7.2.2.2. FORMA DE PAGO Y MEDIDA

El cerramiento se pagará por metro lineal, aproximando la medida a dos decimales.

La puerta peatonal y vehicular se pagarán por unidad, después de que se entregue la totalidad del cerramiento y éste se encuentre aprobado a satisfacción por la Interventoría.

7.2.3.EDIFICACIONES

7.2.3.1. JUNTAS DE EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN

Las juntas de expansión y de contracción se construirán en los sitios y con las dimensiones que se indican en los planos, a menos que se indique por parte de la Interventoría algo diferente. En general, el refuerzo o cualquier otro elemento, excepción hecha de los sellos de impermeabilización, no cruzará estas juntas.

Donde se muestre en los planos o donde lo indique el Interventor, las juntas de contracción se cubrirán con pintura bituminosa u otro material aprobado. Todas las juntas de expansión llevarán material premoldeable. El material se aplicará con 24 horas de anticipación a la colocación del concreto adyacente.

Las superficies en donde se vaya a aplicar la pintura o el material premoldeable estarán limpias y secas antes de la colocación. Algunas juntas de expansión y contracción podrán estar provistas de sellos de impermeabilización como se muestra en los planos, o lo indique el Interventor. Los sellos se instalarán de manera tal que formen un diafragma impermeable continuo en la junta.

7.2.3.2. REQUISITOS DE DURABILIDAD

Los concretos que se utilizarán para las estructuras que contendrán agua, se deberán mezclar cumpliendo con los requisitos del literal C.23 de NSR-10, o del ACI 350M, de conformidad con la clase de exposición definida en los diseños de cada estructura.

7.2.3.3. MORTEROS

Todos los morteros que se instalen en la obra deberán cumplir con los requerimientos de resistencia, acabado y capacidad de servicio que definan los diseños, planos, especificaciones particulares, Normas Técnicas y/o la Interventoría y además deberán contar con muestras representativas que serán obtenidas en las formaleas metálicas tal como lo establece la norma correspondiente, curadas en un sitio apropiado con el fin de garantizar que estas no sean manipuladas durante el periodo de curado, transportadas y ensayadas por personal idóneo y equipo adecuado de conformidad con lo previsto en la NSR-10 y las siguientes Normas ICONTEC:

- NTC 4048: Concretos. morteros de inyección -grouts- para mampostería.
- NTC 3329: Concretos. especificaciones del mortero para unidades de mampostería.
- NTC 3356: Concretos. mortero premezclado para mampostería.

7.2.3.4. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA PARA EDIFICACIONES

Las unidades de mampostería deberán satisfacer los requisitos del Título D de NSR-10 y normas ICONTEC o ASTM:

- NTC 4017: Método de ensayo para unidades de mampostería de arcilla cocida (ASTM C67).
- NTC 4076: Unidades de concreto bloques y ladrillos para mampostería no estructural (ASTM C129)

- NTC 4205: Unidades de mampostería de arcilla cocida (ladrillos y bloques) (ASTM C34, C56 y C62).

7.2.3.5. ACEROS

Las varillas de refuerzo y la malla electrosoldada deberán ser sometidas a ensayos en la fábrica, de acuerdo con las normas aplicables de la ASTM y de ICONTEC. El Contratista deberá suministrar al Interventor una copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizados por el fabricante para cada lote, o el número de identificación del acero correspondiente a los lotes de refuerzo hechos para la obra.

Si el Contratista no suministra evidencia satisfactoria de que el refuerzo cumple con los requisitos establecidos en esta sección, la Interventoría llevará a cabo los ensayos del caso antes de aceptar el refuerzo respectivo, y el costo de dichos ensayos será por cuenta del Contratista.

7.2.3.5.1.ACERO ESTRUCTURAL

Los perfiles y elementos de acero estructural deben cumplir con las normas aplicables de la ASTM y de ICONTEC:

- NTC 1920: Acero estructural (ASTM A36).
- NTC 1985: Acero de alta resistencia, de baja aleación de calidad estructural (ASTM A 572).
- NTC 1986: Tubería estructural de acero al carbono formada en frío, soldada con o sin costura (ASTM A 500).
- ASTM F 436: Arandelas de acero templado.
- ASTM F 563: Tuercas de acero al carbono y aleación.
- ASTM A 325: Pernos estructurales de acero, tratados térmicamente, con resistencia mínima a la tensión de 825 o 725 MPa.
- NTC 4028: Pernos de acero de alta resistencia, clase 10.9 y 10.9.3 para juntas de acero estructural (ASTM A 490).
- NTC 4034: Elementos de fijación, especificación para tornillos y pernos de acero al carbono con 410 MPa (60000 psi) de resistencia a la tensión (ASTM A 307).
- De igual manera los productos adheridos para la protección contra el fuego de elementos de acero estructural deben aplicarse de acuerdo con las indicaciones del fabricante y estar avalados por instituciones reconocidas internacionalmente para tal efecto. Se deben seguir los requisitos del Título J de NSR-10.

7.2.3.6. SOLDADURA

Los electrodos y fundentes para soldadura seguirán la Norma NSR 10 Sección F.2.1.3.6 Metal de aporte y fundente para soldadura: deberán cumplir con una de las siguientes normas del Código correspondiente de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society AWS):

- NTC 2191: Especificación para electrodos de acero al carbono, para soldadura de arco metálico protegido (AWS-A.5.1.)

- NTC 2253: Especificación para electrodos de acero al carbono de baja aleación, para soldadura de arco (AWS-A.5.5.).
- NTC 3570: Especificación para metales de aporte de acero de baja aleación para soldadura de arco con protección de gas. (AWS-A.5.28)
- NTC 3623: Especificación para electrodos de acero de baja aleación y fundentes para soldadura de arco sumergido (AWS-A.5.23.)
- NTC 2632: Especificación para metales de aporte de acero al carbono para soldadura de arco con protección de gas (AWS-A.5.18.).
- NTC 2677: Especificación para electrodos de acero al carbono y fundentes para soldadura de arco sumergido (AWS-A.5.17.)
- AWS A 5.20 Especificación para electrodos de acero al carbono, para soldadura de arco con fundente de núcleo.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba de cumplimiento con las normas. Los electrodos y metales de aporte seleccionados deben ser los apropiados para la aplicación prevista. La tenacidad del material de soldadura por lo general no es crítica en la construcción de edificaciones.

7.2.3.7. PAÑETES

Ejecución de recubrimientos de muros con capas de mortero definiendo las superficies de los mismos, a ser acabadas en estucos, pinturas o enchapes de acuerdo a lo señalado en los planos constructivos y en los cuadros de acabados.

7.2.3.7.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar requisitos del Reglamento NSR 10.
- Consultar Planos de Detalles y Cortes.
- Consultar Planos Estructurales.
- Definir y localizar en los Planos Constructivos.
- Definir en la totalidad de la mampostería las caras a pañetar.
- Iniciar la actividad cuando se hayan concluido las prolongaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas e incrustaciones de mampostería.
- Retirar brozas y resaltos significativos.
- Realizar nivelación y plomada de muros a pañetar.
- Elaborar líneas maestras cada 3 ms. máximo.
- Definir los plomos finos.
- Preparar el pañete en proporciones indicadas.
- Arrojar con firmeza la mezcla al muro.
- Instalar boquilleras y guías.
- Llenar con pañete y enrasar las superficies.
- Mantener los plomos de muros a escuadra formando ángulo recto entre ellos.
- Retapar y alisar el pañete con llana de madera.

- Ejecutar juntas de control, de construcción y unión de elementos estructurales y no estructurales.
- Moldear los filos.
- Verificar niveles, plomos y alineamientos.
- Curar el pañete.
- Limpiar superficies de muros.
- Proteger muros contra la intemperie.

7.2.3.7.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y pagará por metro cuadrado (M2) de pañete liso sobre mampostería ejecutado, ya sea sobre superficies quebradas, curvas, planas, machones, mochetas o muretes y cualquiera que sea su altura y longitud. Los filos, dilataciones y goteras que necesiten ejecutarse deberán incluirse dentro del valor de metro cuadrado de pañete. Todo lo anterior debidamente aceptado por la interventoría previa y aceptación de los requisitos mínimos de acabados.

La medida será el resultado de cálculos efectuados sobre planos arquitectónicos. No se medirá y por tanto no se pagará ningún tipo de elemento por metro lineal. No se medirán y por tanto no se pagarán las aberturas y/o vanos para puertas y ventanas.

7.2.3.8. MUROS NO ESTRUCTURALES EN MAMPOSTERÍA

Ejecución de muros no estructurales para divisiones y fachadas en las edificaciones. Se construirán con unidades de mampostería y aristas en perfecto estado. Incluye la ejecución de uniones entre elementos estructurales y no estructurales

7.2.3.8.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar requisitos del Reglamento NSR 10.
- Consultar Planos de Detalle y Cortes.
- Estudiar y definir modulación horizontal y vertical de los diferentes muros.
- Definir tipos de juntas o pegas. Las pegas estarán entre 6 y 8 mm.
- Definir traba o aparejo de los muros.
- Verificar lotes de fabricación para garantizar texturas y colores uniformes.
- Ejecutar cortes para piezas que no corresponden a la modulación, usar cortadora de ladrillo a 3700 r.p.m. con disco diamantado de 14" y 25 dientes.
- Limpiar bases y losas y verificar niveles.
- Replantear muros interiores.
- Prever retrocesos para incrustaciones, cajas e instalaciones técnicas.
- Prever cambios de aparejos tales como hiladas paradas e hiladas de remate. Marcar sus niveles de iniciación y terminación.
- Instalar boquilleras y guías.
- Preparar morteros de pega y humedecer yacimientos.
- Esparcir morteros en áreas de pega.

- Sentar ladrillos, retirar sobrantes de la mezcla antes de su fraguado y retapar pegas.
- Ejecutar juntas de control, de construcción y unión de elementos estructurales y no estructurales.
- Verificar alineamientos, plomos y niveles de las hiladas.
- Limpiar superficies de muros.
- Proteger muros contra la intemperie: con polietileno durante su ejecución.

7.2.3.8.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y pagará por metro cuadrado (M2) de muro ejecutado y debidamente aceptado por la interventoría previa verificación de los resultados de los ensayos y del cumplimiento de las tolerancias para aceptación y de los requisitos mínimos de acabados.

La medida será el resultado de cálculos efectuados sobre planos arquitectónicos. Se medirán muros planos, curvos ó quebrados, de cualquier altura y longitud (muretes, remates, antepechos, etc.). No se medirán y por tanto no se pagarán elementos por metros lineales. No se medirán y por consiguiente no se pagarán las aberturas y/o vanos para puertas y ventanas.

7.2.3.9. COLUMNAS, VIGAS Y CORREAS METÁLICAS DE CUBIERTAS

Suministro e instalación de elementos en perfiles estructurales formados en frío, de tipo rectangular o redondos, en acero para las columnas vigas y correas de soporte de las cubiertas. Incluye pintura anticorrosiva y acabado.

7.2.3.9.1.CONTROL DE CALIDAD

- Envío, almacenamiento y manejo:
Las secciones fabricadas y las partes componentes serán enviadas completamente identificadas de acuerdo a los planos de taller. Se almacenarán de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con bajo nivel de humedad, adecuadamente protegidas del clima y las actividades de construcción.
- Soldadura:
Las soldaduras expuestas, serán esmeriladas y pulidas para obtener uniones continuas y lisas. Las juntas serán tan rígidas y fuertes como las secciones adyacentes, soldando completamente la superficie de contacto, excepto donde se indicarán tramos de soldadura espaciados. Las soldaduras a emplear serán del tipo E60XX y E70XX.
- Fijaciones:
- Las conexiones expuestas serán ejecutadas con alineamientos exactos en las uniones que serán perfectamente continuas y lisas, utilizando soportes incrustados donde fuera posible. En caso de utilizarse uniones atornilladas será tornillería avellanada, en superficies acabadas. Las perforaciones para tornillos y pernos entre elementos metálicos, o las correspondientes a las superficies de anclaje serán ejecutadas en taller. El trabajo estará totalmente cortado, reforzado, perforado y rematado de acuerdo a los requisitos para ser recibido como material en obra.

- **Anclas y empotramientos:**
Se proveerá los anclajes indicados en planos, coordinados con la estructura de soporte de los elementos metálicos. Los envíos serán coordinados con otros trabajos en obra como áreas de soporte en concreto o similares.
- **Ensamble:**
Los elementos llegarán a la obra en las mayores dimensiones posibles, reduciendo las actividades de ensamble en la obra. Las unidades llegarán marcadas, asegurando uno adecuado ensamble e instalación. Consultar requisitos del Reglamento NSR 10.
- **Instalación:**
La obra se ejecutará perfectamente ajustada en localización, alineamiento, altura, hilo y nivel, de acuerdo a los niveles y ejes generales de la obra.
Los anclajes se ejecutarán de acuerdo a los requerimientos de uso de los elementos.
Se verificarán constantemente, diseños estructurales y arquitectónicos.
- **Pintura:**
Los elementos de la estructura metálica deberán llegar a la obra pintados con una mano de anticorrosivo gris (protección temporal) y posteriormente en obra antes de su instalación se les aplicará anticorrosivo rojo. Una vez instalados los elementos se les dará como acabado final una capa de esmalte del color indicado por la Interventoría.

7.2.3.9.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y se pagará por metros lineales (ML) debidamente ejecutados, instalados y recibidos a satisfacción por la interventoría. La medida se efectuará sobre los planos estructurales y las dimensiones se determinarán de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

7.2.3.10. MUROS DE CONTENCIÓN

Ejecución de muros de contención en concreto reforzado para el Centro Comunitario de acuerdo con los planos del proyecto.

7.2.3.10.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar Estudio de Suelos.
- Consultar Cimentación en Planos Estructurales
- Verificar excavaciones.
- Verificar cotas de cimentación.
- Verificar excavación y concreto de limpieza.
- Verificar localización y dimensiones.
- Replantear muros sobre concreto de limpieza.
- Verificar nivel superior del concreto de limpieza.
- Colocar y revisar refuerzo de acero.
- Colocar soportes y espaciadores para el refuerzo.
- Verificar refuerzos y recubrimientos.

- Verificar plomos, alineamientos y dimensiones.
- Vaciar concreto progresivamente.
- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.
- Curar concreto.
- Verificar niveles finales para aceptación
- Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para los muros de contención, serán del tipo corrugado y tendrá un punto de fluencia no menor a 4.200 kg/cm². Las armaduras transversales o flejes se fijarán a los hierros principales mediante amarre con alambre o soldadura y tendrán el mismo punto de fluencia del acero de refuerzo principal.

- Concretos

El concreto los muros de contención tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm², con una relación agua cemento no mayor a 0.50 y un tamaño de agregado que no supere $\frac{3}{4}$ " de pulgada, y la suficiente fluidez para que se pueda garantizar la continuidad de la mezcla durante su proceso de colocación.

7.2.3.10.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y se pagará por metro cúbico (M3) de concreto debidamente ejecutados y aprobados por la Interventoría, previa verificación de los resultados de los ensayos el cumplimiento de las tolerancias para aceptación y de los requisitos mínimos de acabados. La medida será el resultado de cálculos realizados sobre los Planos Estructurales.

7.2.3.11. VIGAS EN CONCRETO

Ejecución de vigas en concreto reforzado para las edificaciones y para las graderías del Centro Comunitario de acuerdo con los planos del proyecto.

7.2.3.11.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar Estudio de Suelos.
- Consultar Cimentación en Planos Estructurales
- Verificar excavaciones.
- Verificar cotas de cimentación.
- Verificar excavación y concreto de limpieza.
- Verificar localización y dimensiones.
- Replantear muros sobre concreto de limpieza.
- Verificar nivel superior del concreto de limpieza.
- Colocar y revisar refuerzo de acero.
- Colocar soportes y espaciadores para el refuerzo.
- Verificar refuerzos y recubrimientos.
- Verificar plomos, alineamientos y dimensiones.
- Vaciar concreto progresivamente.

- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.
- Curar concreto.
- Verificar niveles finales para aceptación
- Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para las vigas de las graderías del Centro Comunitario, serán del tipo corrugado y tendrá un punto de fluencia no menor a 4.200 kg/cm². Las armaduras transversales o flejes se fijarán a los hierros principales mediante amarre con alambre o soldadura y tendrán el mismo punto de fluencia del acero de refuerzo principal.

- Concretos

El concreto para las vigas de las edificaciones y de las graderías del Centro Comunitario tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm² o de 280 kg/cm², según lo indicado en los planos respectivos, con una relación agua cemento no mayor a 0.50 y un tamaño de agregado que no supere ¾" de pulgada, y la suficiente fluidez para que se pueda garantizar la continuidad de la mezcla durante su proceso de colocación.

7.2.3.11.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y se pagará por metro cúbico (M³) de concreto debidamente ejecutados y aprobados por la Interventoría, previa verificación de los resultados de los ensayos el cumplimiento de las tolerancias para aceptación y de los requisitos mínimos de acabados. La medida será el resultado de cálculos realizados sobre los Planos Estructurales.

7.2.3.12. ZAPATAS EN CONCRETO

Ejecución de zapatas en concreto reforzado para las edificaciones y los muros del Centro Comunitario de acuerdo con los planos del proyecto.

7.2.3.12.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar Estudio de Suelos.
- Consultar Cimentación en Planos Estructurales
- Verificar excavaciones.
- Verificar cotas de cimentación.
- Verificar excavación y concreto de limpieza.
- Verificar localización y dimensiones.
- Replantear muros sobre concreto de limpieza.
- Verificar nivel superior del concreto de limpieza.
- Colocar y revisar refuerzo de acero.
- Colocar soportes y espaciadores para el refuerzo.
- Verificar refuerzos y recubrimientos.
- Verificar plomos, alineamientos y dimensiones.
- Vaciar concreto progresivamente.
- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.

- Curar concreto.
- Verificar niveles finales para aceptación
- Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para las zapatas, serán del tipo corrugado y tendrá un punto de fluencia no menor a 4.200 kg/cm². Las armaduras transversales o flejes se fijarán a los hierros principales mediante amarre con alambre o soldadura y tendrán el mismo punto de fluencia del acero de refuerzo principal.

- Concretos

El concreto para las zapatas tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 Kg/cm² o de 280 kg/cm², según lo indicado en los planos respectivos, con una relación agua cemento no mayor a 0.50 y un tamaño de agregado que no supere ¾" de pulgada, y la suficiente fluidez para que se pueda garantizar la continuidad de la mezcla durante su proceso de colocación.

7.2.3.12.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y se pagará por metro cúbico (M3) de concreto debidamente ejecutados y aprobados por la Interventoría, previa verificación de los resultados de los ensayos el cumplimiento de las tolerancias para aceptación y de los requisitos mínimos de acabados. La medida será el resultado de cálculos realizados sobre los Planos Estructurales.

7.2.3.13. PLACAS DE CONTRAPISO E=0.10 M

Ejecución de losas macizas de contrapiso en concreto reforzado de 0.10 m de espesor de acuerdo con los planos del proyecto.

7.2.3.13.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar Estudio de Suelos.
- Consultar Cimentación en Planos Estructurales
- Verificar excavaciones.
- Verificar cotas de cimentación.
- Verificar excavación y concreto de limpieza.
- Verificar localización y dimensiones.
- Colocar y revisar refuerzo de acero.
- Colocar soportes y espaciadores para el refuerzo.
- Verificar refuerzos y recubrimientos.
- Verificar plomos, alineamientos y dimensiones.
- Vaciar concreto progresivamente.
- Vibrar el concreto por medios manuales y mecánicos.
- Curar concreto.
- Verificar niveles finales para aceptación
- Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para las placas de contrapiso, serán del tipo corrugado y tendrá un punto de fluencia no menor a 4.950 Kg/cm².

- **Concretos**

El concreto para las placas de contrapiso tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 Kg/cm², con una relación agua cemento no mayor a 0.50 y un tamaño de agregado que no supere ¾" de pulgada, y la suficiente fluidez para que se pueda garantizar la continuidad de la mezcla durante su proceso de colocación.

7.2.3.13.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y se pagará por metro cúbico (M3) de concreto debidamente ejecutados y aprobados por la Interventoría, previa verificación de los resultados de los ensayos el cumplimiento de las tolerancias para aceptación y de los requisitos mínimos de acabados. La medida será el resultado de cálculos realizados sobre los Planos Estructurales.

7.2.3.14. TEJA CON AISLAMIENTO TÉRMICO

Suministro y montaje de cubiertas con aislamiento térmico. Deben cumplir con buenas especificaciones en cuanto a calidad, capacidades de resistencia, espesor etc. Se apoyan sobre elementos estructurales como vigas o correas metálicas de acuerdo a lo señalado en los planos.

7.2.3.14.1.CONTROL DE CALIDAD

- Consultar planos.
- Verificar niveles estructurales y niveles de acabados.
- Almacenar el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Verificar en cortes de fachada los sitios de voladizos, como también distancias de traslapes.
- Verificar en sitio las dimensiones totales de cubierta, distancias entre correas según planos, paralelismo y nivelación de la cara superior, y realizar correcciones.
- Respetar pendientes mínimas de instalación, suministradas por el fabricante.
- Respetar distancia entre apoyos, suministrada por el fabricante.
- Ejecutar instalación por personal calificado.
- Colocar tablas de tránsito apoyadas siempre en tres correas como mínimo.
- Trabaje sobre el tablón durante la instalación evitando caminar sobre la cubierta.
- Realizar despuntes o ajustes por parte del instalador para que la cubierta apoye enteramente sobre la correa metálica.
- Utilizar sistemas de fijación recomendados por el fabricante, respetando traslapes requeridos y los agrafes necesarios con el equipo apropiado para asegurar la hermeticidad de la cubierta.
- Proteger la cubierta de obras inmediatas que puedan abollar los perfiles.
- Limpiar cubiertas y reparar imperfecciones.
- Revisar niveles y acabados finales para aceptación.

7.2.3.14.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Se medirá y pagará por metro cuadrado (M2) de teja debidamente instalada y aceptada por la interventoría previo cumplimiento de las especificaciones y de los requisitos mínimos de acabados, no se recibirán cubiertas con abolladuras o defectos de fabricación.

7.2.4.SISTEMA DE PRETRATAMIENTO

7.2.4.1. TORRE DE AIREACIÓN

La torre de aireación tiene como función, oxidar el hierro presente en el agua en forma soluble +2 a forma insoluble +3; y reducir los olores generados por la materia orgánica encontrada en la misma, está construida de acuerdo a lo establecido en los planos y conforme a las indicaciones de la interventoría. El material será poliéster reforzado con fibra de vidrio, con refuerzos estructurales protegidos contra la corrosión, constará de 4 bandejas de 0.8 x 0.8m h=0.25m separadas una de otra 0.35m, las láminas de fondo tendrán 64 perforaciones de 0.0056m de diámetro, dichas perforaciones estarán distribuidas en 8 filas por 8 columnas, un tanque de recolección de 0.8 x 0.8m h=0.4m en P.R.F.V., tal como se indica en los planos.

Para el lecho de coque, el espesor debe ser de 0.25 m y el tamaño de partícula de coque debe estar entre 0.05 m a 0.15 m, el contenido de cenizas debe ser de máximo un 12% y el contenido de azufre debe ser menor al 1%. El volumen necesario es de 0.16 m³ por bandeja. El coque a ser colocado en las bandejas de aireación debe ceñirse al espesor y tamaños especificados en planos y detalles de la estructura.

La torre incluye suministro e instalación de: 4 bandejas en P.R.F.V., Tanque de recolección de 0.8 x 0.8m h=0.4m en P.R.F.V., tubería de ingreso de 2" PVC, tubería de salida de 4" PVC, estructura de soporte, escalera de gato con guarda hombre y accesorios, de acuerdo con los planos e indicaciones de la interventoría.

7.2.4.2. TANQUE DE SUAVIZADO

Esta unidad debe tener una capacidad de tratamiento de 2 l/s, con resinas de intercambio iónico, debe incluir un tanque de 5000 litros en polietileno de alta densidad para la preparación de la salmuera y un sistema de recirculación del agua de rechazo de la planta.

7.2.4.2.1.CONTROL DE CALIDAD

la Interventoría estará encargada de la revisión y aceptación de los trabajos, de acuerdo con la información indicada en los planos de diseño y la presentada por el Contratista.

7.2.4.2.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

La torre de aireación y el tanque de suavizado se pagará como un global, después de que se entregue la totalidad y éste se encuentre aprobado a satisfacción por la Interventoría.

La escalera se pagará como un global, después de que se entregue la totalidad y éste se encuentre aprobado a satisfacción por la Interventoría.

Las excavaciones y entibados que se realicen en la instalación de la torre de aireación, se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección III EXCAVACIONES Y ENTIBADOS de las especificaciones generales.

Los rellenos se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección IV RELLENOS de las especificaciones generales.

El suministro e instalación de las tuberías a presión, válvulas y accesorios, se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección V SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE ACUEDUCTO de las especificaciones generales.

Los elementos del drenaje se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección VI SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE ALCANTARILLADO.

7.2.5.SISTEMA DE TRATAMIENTO

Planta de tratamiento compacta para el sistema la cual tendrá una capacidad de producir 1 l/s de agua potable, esta deberá contar con sistemas de filtración multimedia, micro-filtración, sistema de osmosis inversa y desinfección. El proveedor de la planta debe garantizar que todo el sistema opere en conjunto, y que cumpla con los requerimientos técnicos exigidos por el proyecto.

7.2.5.1. PLANTA DE TRATAMIENTO

Se compone de los siguientes componentes, los cuales garantizan un correcto funcionamiento

Filtro Multimedia: Se debe garantizar un filtro multimedia con capacidad de 2 l/s, donde asegure material filtrante de arena y antracita, con un rango de partículas máxima de 500 µm, el tanque debe estar fabricado en PRFV y debe contar con un sistema de retro lavado automático.

Micro-Filtración: La unidad seleccionada debe garantizar cartuchos para una micro-filtración fina de 5 µm, con una capacidad de 2 l/s, el tanque debe estar fabricado en PRFV.

Ósmosis Inversa: El sistema de osmosis inversa debe tener una capacidad de tratamiento que permita un caudal de salida de agua de 1 l/s, con un caudal de rechazo no mayor al 40 %, y un rechazo de sales mayor al 97%, debe contar con sus respectivas bombas y equipos de presión y controles que garanticen su operación óptima.

Desinfección: El sistema de desinfección deberá garantizar una capacidad de 1 l/s, y un cloro residual en el sistema de distribución entre 0.3 y 2.0 mg/l, para esto se debe analizar un tiempo

de contacto y una dosis que se deberá evaluar cuando se realice la caracterización del agua y se realicen análisis de trazabilidad con curvas de demanda de cloro, siguiendo los lineamientos estipulados en el RAS 2017.

7.2.5.1.1.CONTROL DE CALIDAD

la Interventoría estará encargada de la revisión y aceptación del equipo suministrado por el proveedor, de acuerdo con la información indicada en el diseño y la presentada por el Contratista.

7.2.5.1.2.FORMA DE PAGO Y MEDIDA

La planta de tratamiento se pagará como un global, después de que se entregue la totalidad, asegurando su adecuado funcionamiento y se apruebe a satisfacción por la Interventoría.

El suministro e instalación de las tuberías a presión, válvulas y accesorios, se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección V SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE ACUEDUCTO de las especificaciones generales.

Los elementos de desagües se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección VI SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE ALCANTARILLADO.

7.2.6.MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PILA

7.2.6.1. SISTEMA SÉPTICO

La unidad seleccionada debe garantizar un tanque séptico prefabricado integrado con un FAFA con capacidad de mínimo 2000 litros. Deben estar fabricados a partir de materiales con características físicas y propiedades de resistencia a la corrosión que los hagan apropiados para su utilización con aguas residuales. El fabricante deberá hacer una declaración de la eficiencia de depuración y de la durabilidad para un periodo de vida útil de por lo menos 20 años, independientemente del material de construcción. Los tanques deben cumplir con sus respectivos certificados de conformidad con la Norma Técnica Colombiana, según lo estipulado en el Decreto 2269 de 1993, y los requerimientos de la resolución 631 de 2015 y el decreto 1594 de 1984.

Además, los fabricantes deben suministrar con cada tanque, las instrucciones de instalación escritas en español. Estas instrucciones deben contener los datos completos para la instalación de los tanques sépticos y todas las condiciones de funcionamiento, incluyendo las conexiones de tuberías y los procedimientos de puesta en marcha. Así mismo deberán proporcionar las instrucciones completas de operación y mantenimiento.

7.2.6.2. ZANJA O CAMPO DE INFILTRACIÓN

El campo de infiltración estará compuesto por una sola zanja, en donde se acomodará una capa de grava limpia de 0.15 m de espesor constituida por material con granulometría de entre 2.5 a 5 cm. Sobre ella se acomodará la tubería de distribución y se la cubrirá totalmente con la misma grava. Encima de la grava gruesa se colocará una capa de grava fina de 0.10 m de espesor y granulometría de 1 a 2.5 cm. Sobre la capa de grava fina, y para evitar la alteración de la capacidad filtrante de la grava, se colocará un geotextil que facilite la evapotranspiración del agua residual. Finalmente se rellena la zanja con material seleccionado hasta alcanzar el nivel natural del terreno. Para garantizar un sistema aerobio la zanja termina en un pozo de aireación o ventilación de 0.9 x 0.9 m relleno con grava gruesa uniforme de 6 a 10 cm.

7.2.6.3. CONTROL DE CALIDAD

la Interventoría estará encargada de la revisión y aceptación de la unidad suministrada por el proveedor y la construcción del campo de infiltración, de acuerdo con la información indicada en el diseño, los planos hidráulicos y la presentada por el Contratista.

7.2.6.4. FORMA DE PAGO Y MEDIDA

El tanque séptico y la zanja de infiltración se pagará como un global, después de que se entregue la totalidad asegurando su adecuado funcionamiento y se apruebe a satisfacción por la Interventoría.

El suministro e instalación de las tuberías a presión, válvulas y accesorios, se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección V SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE ACUEDUCTO de las especificaciones generales.

Los elementos de desagües se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección VI SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE ALCANTARILLADO.

7.2.7.TANQUES DE ALMACENAMIENTO

En este proyecto se contempla la construcción de tres tipos:

- Tanque de Almacenamiento de Agua Cruda : con una capacidad de almacenamiento de 40.000 litros, este tanque estará dividido en dos compartimientos, cada uno de 20.000 litros. Esta división facilita la operación y el mantenimiento del tanque, sin embargo, el tanque cuenta con una compuerta lateral que conecta estos compartimientos. La tubería de entrada es de 4" PVC y de salida de 4" PVC. Cada compartimiento tiene las siguientes medidas internas 4.5 x 3.0 m con una altura útil de 1.5 m y 0.75 m de borde libre para una altura total de 2.25 m. El tanque se construirá en concreto de 28 MPa (4.000 psi). La cimentación del tanque se realizará de acuerdo a las recomendaciones del geotecnista. Los pasamuros deben ser en acero inoxidable, la tubería de ventilación en PVC presión, la escalera de gato en P.R.F.V. y las tapas de acceso serán en fibra de vidrio.

Las excavaciones, rellenos, concretos, suministro e instalación de válvulas y tuberías deben cumplir con especificaciones generales descritas en este documento.

El tanque deberá construirse de acuerdo con lo establecido en los planos y conforme a las indicaciones de la interventoría.

- Tanque De Almacenamiento De Agua Potable: Este tanque es elevado y tiene una capacidad de almacenamiento de 45.000 litros divididos en 3 compartimientos de 15.000 litros c/u. Este tanque se encuentra a 3 metros de altura, desde donde se surtirá el agua a los carrotanques

Los compartimientos del tanque tendrán las siguientes medidas internas 4 x 2.5 m con una altura útil de 1.5 m y 0.75 m de borde libre para una altura total de 2.25 m, cada compartimiento tendrá una escalera de gato en P.R.F.V. y un acceso de 0.6 x 0.6 m con tapa en fibra de vidrio.

El tanque se construirá en concreto de 28 MPa (4.000 psi). La cimentación constará de dos zapatas aisladas de 1.5 x 1.5 m h=0.3 m, 8 columnas de 0.4 x 0.4m de 4.7 m de alto.

Las excavaciones, rellenos, concretos, suministro e instalación de válvulas y tuberías deben cumplir con especificaciones generales descritas en este documento.

El tanque deberá construirse de acuerdo a lo establecido en los planos y conforme a las indicaciones de la interventoría.

Se utilizarán 12 tanques prefabricados en poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV), 8 tendrán una capacidad de 5.000 litros y 4 serán de 10.000 litros. Los tanques deben ser fabricados con PRFV de alta resistencia al impacto, aptos para el almacenamiento de agua. Deben ser resistentes a la intemperie y a temperaturas de 40 °C, además de garantizar protección a los rayos ultravioleta, disolventes y agentes químicos. Estos deben ser de color blanco y deben estar compuestos por materiales que no se biodegraden ni puedan ser atacados por hongos, algas o bacterias, además deben tener componentes que eviten la decoloración con el paso del tiempo. Estas unidades deben contar con elementos de ventilación, escotillas o tapas de acceso, sin embargo, se debe asegurar su hermeticidad aislando su interior del medio ambiente, evitando así la contaminación del agua por bacterias o animales. El proveedor debe suministrar acoples acordes a los diámetros de salida y rebose estipulados en el diseño, y debe asegurar que no existan fugas en sus interconexiones.

- A todos los tanques de almacenamiento de agua se les deberá aplicar un revestimiento con un epoxico "Epoxi Poliamina de Altos Solidos", que evite la contaminación del agua y proteja el concreto de los tanques contra el deterioro causado por las características de las aguas que se van a almacenar, deberá cumplir con la norma NSF/ANSI-61 (para tanques que almacenan agua potable) y los requerimientos FDA según 21CFR 175.300 para contacto directo con alimentos.

7.2.7.1. CONCRETOS PARA LA ESTRUCTURA DEL TANQUE

El concreto para las columnas, vigas, muros losa de cubierta y losa de fondo tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 280 Kg/cm², será debidamente plastificado, con una

relación agua cemento no mayor a 0.45 y un tamaño de agregado que no supere $\frac{3}{4}$ " de pulgada, y la suficiente fluidez para que se pueda garantizar la continuidad de la mezcla durante su proceso de colocación.

7.2.7.2. ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo de las vigas, las columnas, las losas de piso y cubierta y de los muros de los tanques, serán del tipo corrugado y tendrá un punto de fluencia no menor a 4.200 Kg/cm². Las armaduras transversales o flejes se fijarán a los hierros principales mediante amarre con alambre o soldadura y tendrán el mismo punto de fluencia del acero de refuerzo principal.

7.2.7.3. CONTROL DE CALIDAD

Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de los tanques, el Contratista deberá presentar para la aprobación de la Interventoría el procedimiento del proceso de construcción que deberá contener entre otros los siguientes aspectos:

- Metodología del proceso constructivo
- Equipo propuesto para su construcción
- Detalle del proceso de excavación del suelo
- Tipo de entibado que se propone
- Proceso de instalación del entibado
- Detalle del retiro del material de excavación
- Forma de colocación del refuerzo
- Forma de colocación y curado del concreto

la Interventoría estará encargada de la revisión y aceptación de los trabajos, de acuerdo con la información indicada en los planos de diseño y la presentada por el Contratista.

7.2.7.4. FORMA DE PAGO Y MEDIDA

Las excavaciones y entibados se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección III EXCAVACIONES Y ENTIBADOS de las especificaciones generales.

Los rellenos se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección IV RELLENOS de las especificaciones generales.

El suministro e instalación de las tuberías a presión, válvulas, accesorios y pasamuros, se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección V SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE ACUEDUCTO de las especificaciones generales.

Los elementos del drenaje se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección VI SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE ALCANTARILLADO.

El suministro e instalación de concretos y aceros de refuerzo, se pagarán de acuerdo a lo indicado en la Sección VII CONCRETOS MORTEROS Y ACEROS de las especificaciones generales.

7.2.8.SISTEMA ELÉCTRICO PILA

Se instalará un grupo electrógeno que funcionará para los dos primeros años de operación, a partir del tercer año se contará con una conexión de una red eléctrica proporcionada por ENEL. La fuente de energía tendrá una capacidad de 50Kv para 208Kva-60 HZ y un tanque de almacenamiento de combustible con capacidad para asegurar la operación continua del sistema. Este tanque cuenta contará con un volumen necesario para suministrar combustible durante una semana.

7.2.8.1. CONTROL DE CALIDAD

la Interventoría estará encargada de la revisión y aceptación del equipo, de acuerdo con la información indicada en los planos de diseño y la presentada por el Contratista.

7.2.8.2. FORMA DE PAGO Y MEDIDA

El sistema eléctrico se pagará como un global, después de que se entregue la totalidad y éste se encuentre aprobado a satisfacción por la Interventoría

7.2.9.CARROTANQUE

Tanque en acero inoxidable 3 mm acabado 2B de forma Elíptica o semi elíptica, con altura no superior a la altura de la cabina. Con extremos abombados, pestañados o forma plana rolada.

- MATERIAL:

Cuerpo, extremos, rompeolas, manholes, protección manholes, tuberías de conducción, en acero inoxidable 3 mm acabado 2B

- TAPAS:

De acuerdo con la forma del cuerpo, con refuerzos verticales en acero inoxidable 3 mm acabado 2B

- SALIDAS:

Tres descargas independientes, una instalada en la parte posterior del tanque, y dos en la parte lateral, válvula de 2" para descargar con bomba o por gravedad.

- PLATAFORMA DE INSPECCIÓN:

Corredor en la parte superior del tanque en lámina antideslizante, en acero negro, Mecanismo para desplazamiento de inspección en la parte superior del tanque.

- SISTEMA DE CARGUE PARTE SUPERIOR

El sistema de cargue parte superior con Un (1) manhole redondo con tapa con sello mecánico de material para cargue a granel, cargue por la parte inferior mediante bomba de accionamiento cardanico.

- GUARDABARROS.

En lámina de acero negro, con loderas plásticas.

- SISTEMA ELECTRICO:

Sistema de luces tipo LED así: Tres por cada costado del tanque de posición trasera y direccionales; cuatro en cada extremo de la defensa trasera, para: posición, parada, direccionales, reversa y una para placa de circulación.

- PINTURA

Base anticorrosiva y acabada esmalte sintético, en las partes de acero al carbono.

- MOTOBOMBA:

Bomba centrifuga, construcción en acero inoxidable estampado sello mecánico con caras silicio-carbón; elastómero en viton tamaño de 2 x 2 ½"-8. Acoplada reductor, para acople cardanico, incluye toma de fuerza.

- ACCESORIOS

1. Líneas de vida con sus guayas de seguridad en la parte superior del tanque (plataforma de inspección).
2. Dos (2) bloques de madera en forma de cuña con sus respectivas cadenas y canastas.
3. Kit antiderrame o compartimentos traseros para las válvulas en acero inoxidable (Salidas).
4. Chasis con protección para choques peatones y bicicletas.
5. Escalerilla de acceso lateral.
6. Carrete motorizado con 15 metros de manguera 2 ½".

Trailer:

Tipo cisterna

Rines en acero de mínimo 8000lbs o en aluminio

Tipo de freno: Hidráulico

Fórmulas rodantes (Tracción): 4x4 o 4x6

Capacidad de carga: 12 Tn.

Levanta los ejes tanto como delantero y trasero

Se puede movilizar en el eje central

Protección Antivuelco Pasillo anti vuelcos instalado a lo largo del tanque en malla expandida anti-derrapante instalado a lo largo del tanque, con línea de vida simple, incluye protección antivuelco y charola anti derrames Chasis.

Nuevo, sin estrenar.

8. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO

8.1. PRESUPUESTO

El presupuesto se adjunta como Anexo 2.3

8.2. CRONOGRAMA DE OBRA

El cronograma de obra se adjunta como Anexo 2.4