



**PARQUES NACIONALES  
NATURALES DE COLOMBIA**



## **CONTRATO N° KFW-CCON-005 2023**

Servicios de Consultoría para la Realización de Estudios y diseños para las Áreas protegidas de la Dirección Territorial Orinoquia, incluyendo la gestión de licencias y permisos.

### **Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo**

San Juan de Arama, Meta

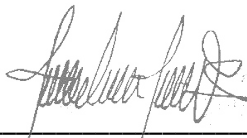
### **Memoria de redes hidrosanitarias.**

Julio de 2024

Calle 143.47.60 Piso 3  
Bogotá, Colombia  
[+571] 695.73.22  
[+57] 321 401.52.71

[www.arquitecturamasverde.com](http://www.arquitecturamasverde.com)  
[info@arquitecturamasverde.com](mailto:info@arquitecturamasverde.com)





**Ing. Paola Andrea Pachón Briñez.**  
**Diseñador.**  
MP. 25202-291594 CND

**PROPIEDAD INTELECTUAL Y DERECHOS DE AUTOR.**

La información contenida en este documento es objeto de propiedad intelectual, y es para uso exclusivo de la(s) persona(s) u organización(es) a la(s) cual(es) está dirigida. La presentación y disposición en conjunto, metodología adoptada, imágenes, gráficas, figuras, tablas y desarrollo de fórmulas son propiedad intelectual –salvo en donde se haga mención de la fuente específica– de **Arquitectura Más Verde** y/o de **David PERICO AGUDELO**.

Si desea reproducir o transmitir total o parcialmente este documento, le agradecemos citar la fuente.

**Control de cambios y correcciones**

Versión	Fecha	Descripción
v0	2024 05 10	Versión inicial memoria técnica redes hidrosanitarias.
V1	2024 05 17	Versión proyecto memoria técnica redes hidrosanitarias
V2	2024 06 04	Atención de observaciones
V3	2024 07 10	Atención de observaciones

<b>Elaboró</b>	CYD	<b>Lista de distribución</b>
<b>Revisó</b>		MD. Arq. David PERICO AGUDELO. Arquitecto Diseñador, Arquitectura Más Verde.
<b>Aprobó</b>	DPA	Arq. Carlos PINZÓN BARCO. Supervisión, Parques Nacionales Naturales de Colombia –PNNC–.



**Proyecto** Cerrillo.

**Descripción** Memoria Técnica hidrosanitaria - Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo. San Juan de Arama, Meta.

## TABLA DE CONTENIDO.

1.	INTRODUCCIÓN .....	9
1.1.	Descripción del proyecto. ....	9
1.2.	Objetivo. ....	9
2.	LOCALIZACIÓN.....	10
3.	MARCO NORMATIVO. ....	11
4.	METODOLOGÍA .....	12
5.	DIMENSIONAMIENTO RED DE SUMINISTRO AGUA POTABLE.....	13
5.1.	Conceptos preliminares para el cálculo de la red de agua potable.....	13
5.2.	Volumen del tanque de almacenamiento de agua potable. ....	14
5.3.	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento. ....	14
5.4.	Cálculo de la ruta crítica. ....	15
5.5.	Cálculo del equipo de bombeo y tanque hidroacumulador.....	17
5.6.	Selección del equipo de bombeo para red de distribución de agua potable. ....	17
5.7.	Cálculo de cabeza neta de succión disponible. ....	18
5.8.	Cálculo del tanque hidroacumulador.....	19
6.	DIMENSIONAMIENTO RED DE RESIRCULACIÓN DE AGUAS LLUVIAS. ....	20
6.1.	Conceptos preliminares para el cálculo de la red de recirculación de aguas lluvias. ....	20
6.2.	Determinación del volumen del tanque de almacenamiento de la red de recirculación de aguas lluvias. ....	20
6.3.	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento. ....	21
6.4.	Cálculo de la ruta crítica. ....	21
6.5.	Cálculo del equipo de bombeo y tanque hidroacumulador.....	24
6.6.	Selección del equipo de bombeo para red de recirculación de aguas lluvias. ....	24
6.7.	Cálculo de cabeza neta de succión disponible. ....	25
6.8.	Cálculo del tanque hidroacumulador.....	26
7.	DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE AGUAS RESIDUALES.....	27
7.1.	Dimensionamiento redes residuales. ....	27
7.2.	Dimensionamiento de red de ventilación.....	28
7.3.	Dimensionamiento de colectores de aguas residuales.....	28
7.4.	Dimensionamiento de pozos sépticos.....	31
8.	DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE AGUAS LLUVIAS .....	33
8.1.	Curvas IDF. ....	33
8.2.	Coeficiente escorrentía.....	34
8.3.	Dimensionamiento de tragantes de aguas lluvias.....	34
8.4.	Dimensionamiento de canaletas y viga canal.....	34
8.5.	Dimensionamiento de bajantes de aguas lluvias. ....	35
8.6.	Dimensionamiento de colectores de aguas lluvias. ....	35
8.7.	Dimensionamiento desarenador. ....	38
8.8.	Dimensionamiento campo de infiltración lluvias.....	39
9.	DIMENSIONAMIENTO RED CONTRA INCENDIO.....	40
9.1.	Red de protección contra incendio. ....	40
9.2.	Clasificación de riesgo. ....	40
9.3.	Sistemas de extintores portátiles. ....	41
9.3.1.	Generalidades del estándar NFPA 10.....	42
9.3.2.	Clasificación del riesgo. ....	42
9.3.3.	Requerimientos Generales. ....	43
9.3.4.	Identificación de contenido. ....	43
9.3.5.	Selección de extintores de incendio. ....	43
9.3.6.	Selección por nivel de riesgo.....	44
9.3.7.	Distribución de extintores. ....	44
9.3.8.	Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase A. ....	44
9.3.9.	Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase B. ....	45
9.3.10.	Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase C. ....	46
9.3.11.	Inspección, mantenimiento y recarga. ....	46
9.3.12.	Elementos explicativos adicionales. ....	46
9.3.13.	Condiciones de selección. ....	47
9.3.14.	Tamaño y localización de extintores para medios de cocina (aceites o grasas vegetales o animales). ....	48
10.	NOTAS ACLARATORIAS. ....	51

11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	52
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	53



## ÍNDICES.

### Índice de Tablas.

Tabla 5.1. Consumo del proyecto para un día.....	13
Tabla 5.2.. Viscosidad cinemática.....	13
Tabla 5.3. Volumen de Almacenamiento total de agua potable.....	14
Tabla 5.4 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua potable.....	14
Tabla 5.5 Unidades Hunter aparatos hidráulicos.....	15
Tabla 5.6. Ruta crítica red de suministro, cantidad de aparatos en red.....	16
Tabla 5.7. Ruta crítica red de suministro.....	16
Tabla 5.8. Ruta crítica red de suministro.....	16
Tabla 5.9. Condiciones iniciales.....	17
Tabla 5.10. . Pérdidas en la succión.....	17
Tabla 5.11.. Cabeza dinámica total.....	17
Tabla 5.12. Potencia de la bomba.....	17
Tabla 5.13 Curva característica del equipo de agua potable.....	18
Tabla 5.14 . Recomendación del equipo de bombeo de agua potable.....	18
Tabla 5.15.. Cálculo de presión atmosférica.....	19
Tabla 5.16 Cabeza neta de succión positiva disponible.....	19
Tabla 5.17 Selección tanque hidroacumulador.....	19
Tabla 6.1. Viscosidad cinemática.....	20
Tabla 6.2. Variables de diseño.....	21
Tabla 6.3. Variables de diseño.....	21
Tabla 6.4. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de ALL.....	21
Tabla 6.5 Unidades Hunter para aparatos hidráulicos - red de recirculación de aguas lluvias.....	22
Tabla 6.6. Ruta crítica red de recirculación de aguas lluvias, numero de aparatos.....	23
Tabla 6.7. Ruta crítica red de recirculación de aguas lluvias.....	23
Tabla 6.8. Ruta crítica red de recirculación de aguas lluvias.....	23
Tabla 6.9. Condiciones iniciales.....	24
Tabla 6.10.. Pérdidas en la succión.....	24
Tabla 6.11.. Cabeza dinámica total.....	24
Tabla 6.12. Potencia de la bomba.....	24
Tabla 6.13.. Potencia de la bomba.....	25
Tabla 6.14.Cálculo de presión atmosférica.....	26
Tabla 6.15.Cabeza neta de succión positiva disponible.....	26
Tabla 6.16. Selección tanque hidroacumulador.....	26
Tabla 7.1. Unidades de descarga por aparato.....	27
Tabla 7.2. Dimensionamiento red de ventilación.....	28
Tabla 7.3. Dimensionamiento de colectores de aguas residuales.....	29
Tabla 7.4. Dimensionamiento de colectores de aguas residuales.....	29
Tabla 7.5. Dimensionamiento de colectores de aguas residuales cotas.....	30
Tabla 7.6. Cálculo volumen útil.....	31
Tabla 7.7. Cálculo de pozo séptico.....	31
Tabla 7.8. Volumen útil del medio filtrante.....	31
Tabla 7.9. Campo de infiltración.....	32
Tabla 8.1 . Coeficientes de escorrentía.....	34
Tabla 8.2. Dimensionamiento de tragantes de aguas lluvias.....	34
Tabla 8.3. Dimensionamiento de canaletas y viga canal.....	34
Tabla 8.4. Parámetros de diseño red de aguas lluvias.....	35
Tabla 8.5. Cálculo de bajantes de aguas lluvias.....	35
Tabla 8.6. Cálculo de colectores de aguas lluvias.....	36
Tabla 8.7. Cálculo de colectores de aguas lluvias cotas.....	36
Tabla 8.8. Cálculo de colectores de aguas lluvias cotas.....	37
Tabla 8.9. Datos de entrada desarenador.....	38
Tabla 8.10 Datos dimensionamiento.....	38
Tabla 8.11. Diseño del desarenador.....	38
Tabla 8.12. Tasa de infiltración.....	39
Tabla 8.13. Diseño de campos de infiltración.....	39
Tabla 9.1 Grupos y subgrupos de ocupación.....	40

<b>Tabla 9.2</b> Tabla subgrupos de ocupación comercial servicios. ....	41
<b>Tabla 9.3</b> Evaluación del riesgo para proyección del sistema contra incendios. ....	41
<b>Tabla 9.4</b> Requerimientos del sistema de protección contra incendios. ....	41
<b>Tabla 9.5</b> . Tamaño y localización de extintores para riesgo Clase A. ....	44
<b>Tabla 9.6</b> . Equivalencia en nomenclatura Clase A. ....	45
<b>Tabla 9.7</b> . Tamaño y localización de extintores para riesgo Clase B. ....	45
<b>Tabla 9.8</b> . Equivalencia en nomenclatura Clase B. ....	45

## Índice de Imágenes.

<b>Imagen 1</b> Ubicación Centro de Interpretación .....	10
<b>Imagen 2</b> Ubicación Centro de Interpretación .....	10
<b>Imagen 3</b> Referencia tanque Colempaques 500L .....	14
<b>Imagen 4</b> Precipitaciones anuales en mm y Días de Lluvia.....	20
<b>Imagen 5</b> Curva característica del equipo de bombeo, red de recirculación de aguas lluvias.....	25
<b>Imagen 6</b> Pozo séptico 5000L.....	31
<b>Imagen 7</b> Curvas IDF - Estación El viento (Mapiripán) .....	33



## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. Descripción del proyecto.

El proyecto que se presenta a continuación corresponde al diseño de las redes hidrosanitarias para el Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo, el cual se ubica en el predio denominado Cerrillo localizado en la Vereda Bajo Curia del Municipio de San Juan de Arama, Departamento del Meta. Para esto, se requiere de los diseños de las redes de distribución de agua cruda, red de aguas residuales, red de aguas lluvias y red derivada de manejo de aguas lluvias para el proyecto Centro Interpretación Cerrillo – Parques Naturales Nacionales Macarena.

El proyecto contempla la construcción y dotación para un área total de 160.63 m<sup>2</sup> aproximadamente, donde se disponen zonas de hemeroteca, sala de proyección, sala de exhibición, tienda, cafetería, bodega, cuarto técnico, recepción y contratación. Se proyecta una población fija de 4 personas y una población flotante de 26 visitantes/día, de acuerdo con el plan arquitectónico.

El volumen de almacenamiento para el tanque de suministro se calcula para 1 día de almacenamiento de acuerdo con las indicaciones y condiciones del proyecto y la supervisión del mismo; el volumen de este tanque corresponde a 5.00m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta las especificaciones y dotaciones indicadas en la Resolución 0330 en su más reciente actualización. El sistema de agua potable funcionará través de equipos de bombeo desde el tanque de almacenamiento.

Para implementar la red de recirculación de aguas lluvias, es necesario un tanque de almacenamiento con volumen equivalente a 8.00m<sup>3</sup>, contemplando 3 días de almacenamiento para cumplir con la evaluación de consumo diario de acuerdo a la demanda de personas del proyecto. Para esto, es necesaria una estructura complementaria o desarenador para eliminar sólidos sedimentables y garantizar la correcta operación del sistema. El sistema posteriormente será bombeado a los puntos hidráulicos que no requieren agua potable para su utilización (sanitarios, pocetas de aseo y llaves manguera).

Las redes de aguas residuales y aguas lluvias se proyectarán de forma separada, con diámetros óptimos para garantizar el adecuado funcionamiento de las mismas, cumpliendo con los parámetros de velocidad y fuerza tractiva mínimos.

El presente documento, contiene el marco legal con el cual se desarrollarán las redes hidrosanitarias, además del cálculo de elementos básicos para el desarrollo de esta edificación.

### 1.2. Objetivo.

Realizar los diseños de las redes de distribución de agua cruda, red de aguas residuales, red de aguas lluvias y red derivada de manejo de aguas lluvias para el proyecto Centro Interpretación Cerrillo – Parques Naturales Nacionales Macarena.

## 2. LOCALIZACIÓN

El Centro de Interpretación se ubica en el predio denominado Cerrillo localizado en la Vereda Bajo Curia del Municipio de San Juan de Arama, Departamento del Meta.

Su ubicación es estratégica y con fácil acceso, carretera en buen estado, intermediación entre los Municipios de Mesetas, San Juan de Arama, Uribe, Lejanías y es paso obligado de los visitantes del principal escenario del Sector Norte del área protegida Cañón del Río Güejar. El predio es de propiedad del Área protegida —AP— y es el punto de ingreso del Sendero Interpretativo de El cerrillo y otros senderos establecidos de la Sede.

Su ubicación geográfica corresponde a las coordenadas  $3^{\circ} 21' 12'' \text{ N } 73^{\circ} 56' 17'' \text{ O}$  ~  $3,35 \text{ N } 73,94 \text{ O}$ .



**Imagen 1** Ubicación Centro de Interpretación  
**Fuente.** Google Maps.



**Imagen 2** Ubicación Centro de Interpretación  
**Fuente.** Google Earth.

### 3. MARCO NORMATIVO.

Los análisis y diseños de las redes de distribución de agua cruda, red de aguas residuales, red de aguas lluvias y red derivada de manejo de aguas lluvias para el proyecto, se desarrollarán teniendo en cuenta la normatividad que actualmente regula el sector de agua potable, saneamiento básico y ambiental, los lineamientos establecidos por la National Fire Protection Association-NFPA, Reglamento Sismoresistente Colombiano NSR 2010 y demás normas ICONTEC aplicables.

- Norma Técnica Colombiana NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería – Quinta actualización. Editada 2023-04-25.
- Ley 142 de 1994 por la cual se establece el Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
- RAS – Componente Ambiental para los Sistemas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo la cual permite articular las políticas del sector de agua y saneamiento con las políticas ambientales a fin de manejar en forma sostenible los recursos aprovechables por las actividades directas en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en los ámbitos municipal y rural. Actualización resolución 0330 de 2017 (*Reglamento Técnico Del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS | Minvivienda, n.d.*).
- Norma Técnica Colombiana NTC 2885. Corresponde al código para extintores portátiles contra incendios. Las estipulaciones de esta norma aplican a la selección, instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos de extintores portátiles. Los extintores portátiles son un medio primario de defensa para controlar incendios de tamaño limitado. La selección e instalación de extintores es independiente de si el edificio está equipado con rociadores automáticos, tuberías verticales y mangueras u otros equipos fijos de protección. Los requisitos que se dan aquí son mínimos. En este documento, una referencia entre corchetes [ ] después de una sección o párrafo indica material que se extrajo de otro documento NFPA (*NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2885 EXTINTORES PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS, 2009*).
- Reglamento Sismoresistente Colombiano NSR 2010. Se incluyó por primera vez en la NSR-98 el componente de requisitos generales para protección contra incendios. Sin embargo, bajo la normatividad de la NSR 2010, se actualizó el contenido y bajo la reglamentación de la NFPA se desarrolló el título J y K en la NSR. 2010. En este capítulo se presenta los requisitos mínimos de protección contra incendios, los cuales se relacionan con el uso y grupo de ocupación. Este desarrollo se basó en algunas premisas que se enuncian a continuación: reducir en lo posible el riesgo de incendios en las edificaciones, evitar la propagación del fuego dentro de las edificaciones y zonas conjuntas, facilitar la evacuación de los ocupantes de las edificaciones en caso de algún tipo de incendio, facilitar el proceso de extinción en las edificaciones, minimizar el riesgo de colapso de la estructura durante las labores de evacuación y extinción. Se presentan los requisitos generales para la configuración arquitectónica, estructural, hidráulica y eléctrica que se necesitan para la protección contra incendios en los edificios y las especificaciones mínimas de los materiales utilizados para proteger contra la propagación del fuego. En el capítulo J.4. se describen los sistemas y equipos para detección y alarmas de incendios, utilizando los grupos de ocupación y presentando las características de cada uno de estos, para tener en cuenta en el momento de realizar los diseños (Capítulo J, n.d.).

#### 4. METODOLOGÍA

---

La metodología propuesta para adelantar los trabajos requeridos para el proyecto es la siguiente:

Una vez recibidos los proyectos arquitectónicos y teniendo en cuenta que no existirán modificaciones que impliquen cambios sensibles en el trazado de las redes, se iniciará el proceso de diseño de los sistemas, lo que contempla trazado de redes en planta, definición de accesorios, predimensionamiento de diámetros de tuberías, materiales y conexiones de aparatos.

## 5. DIMENSIONAMIENTO RED DE SUMINISTRO AGUA POTABLE.

### 5.1. Conceptos preliminares para el cálculo de la red de agua potable.

De acuerdo con las indicaciones proporcionadas por el Centro de Interpretación, se realizó el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua potable así:

EVALUACIÓN DE CONSUMO		
Uso Específico	Oficinas	
Dotación Adoptada	140	litros/persona
Edificaciones tipo	1	Oficinas
Demanda	30	personas

**Tabla 5.1.** Consumo del proyecto para un día.  
**Fuente.** Propia.

Para el dimensionamiento mencionado anteriormente, se considera una dotación de 140 L/persona.día, definida de acuerdo con la Resolución 0330 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, "por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS". Esta población fija está compuesta por 4 personas, de las cuales 1 se encarga de la recepción, 1 del auditorio, 1 del salón de exhibiciones y 1 de la zona comercial. Por otro lado, según lo recomendado por la interventoría, para la población flotante, que corresponde a 26 visitantes.

Para realizar el diseño de la red de suministro de agua potable se determinaron las pérdidas de energía en el sistema por medio de la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{U^2}{2g}$$

Donde el coeficiente de fricción  $f$  se calcula a partir de la ecuación de Colebrook – White para régimen de flujo turbulento dada por la expresión:

$$f = \left[ -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{1.97\nu D}{Q\sqrt{f}} \right) \right]^2$$

La rugosidad absoluta  $\varepsilon$  se considera igual a 0.0000015 m (ver texto de consulta Streeter página 222).

La viscosidad cinemática  $\nu$  se determina de acuerdo con la interpolación de la tabla de propiedades físicas del agua para una temperatura del agua de análisis del proyecto.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA		
Temperatura (°C)	$\nu \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)}$	$\nu \text{ (m}^2/\text{s)}$
0	1.792	0.000001792
5	1.519	0.000001519
10	1.308	0.000001308
15	1.141	0.000001141
20	1.007	0.000001007

**Tabla 5.2..** Viscosidad cinemática.  
**Fuente.** Propia.

Para el dimensionamiento de la red de suministro del proyecto se empleó la metodología establecida en la NTC 1500 quinta actualización.

### 5.2. Volumen del tanque de almacenamiento de agua potable.

A partir de la población de la edificación y la dotación establecida con anterioridad, se determina el volumen del tanque de almacenamiento, el cual se dimensiona para suplir agua de consumo de la población.

CÁLCULO DE VOLUMEN		
Días de almacenamiento	1	Día
Volumen mínimo	4,2	m <sup>3</sup>
Volumen recomendado	4,2	m <sup>3</sup>

**Tabla 5.3.** Volumen de Almacenamiento total de agua potable.  
**Fuente.** Propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, el volumen de almacenamiento necesario para suplir las necesidades del proyecto durante 1 día, corresponde a 4.20 m<sup>3</sup>.

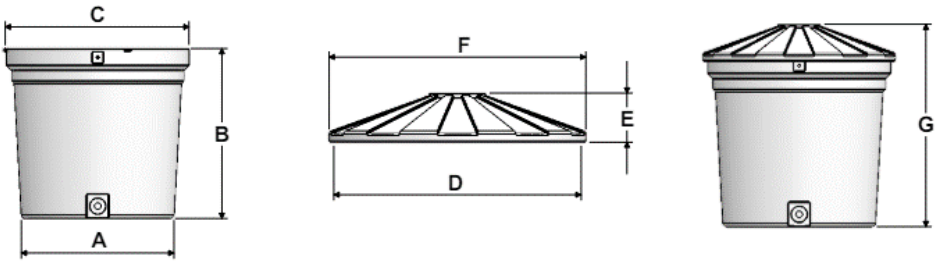
### 5.3. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento de la red de suministro se realiza en función del volumen total definido, tal como se presenta a continuación:

DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE BAJO		
Volumen de almacenamiento requerido	4,2	m <sup>3</sup>
Tipo de tanque prefabricado	Tk_Cónico	m
Capacidad (L)	5000,0	L
Número de tanques	1,0	
Diámetro Superior (m)	2,1	m
Diámetro Inferior (m)	1,7	m
Altura (m)	2,0	
Volumen de almacenamiento efectivo	5,0	m <sup>3</sup>
Verificación del volumen efectivo vs volumen requerido	OK	

**Tabla 5.4** Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua potable.  
**Fuente.** Propia.

Para suplir con la demanda del proyecto, se requiere un tanque de almacenamiento con un volumen de 5.00 m<sup>3</sup>, de preferencia la referencia de tanque de agua Colempaques 5000L o similar con las siguientes especificaciones.



**Dimensiones en centímetros**

Producto	A	B	C	D	E	F	G
5 000 L	172±1	195±1	211±0,5	211±1	44±1	219±1	233,5±1

**Imagen 3** Referencia tanque Colempaques 500L  
**Fuente.** (Tanque de Agua Cónico 5000 Litros - Colempaques, n.d.).

#### 5.4. Cálculo de la ruta crítica.

Se sigue la metodología de valores de carga en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u), donde se determina el caudal máximo probable y el punto crítico de operación, con lo cual se dimensiona la red de agua potable para ser abastecida desde el tanque. (En este punto se tuvieron en cuenta las fichas técnicas entregadas por la parte arquitectónica del proyecto o en caso contrario, las presiones de trabajo establecidas por la NTC 1500).

El proyecto Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo, estará alimentado por un sistema de agua potable del cual se abastecerán, principalmente, lavamanos y lavaplatos, por medio de equipos de bombeo localizados en el cuarto de bombas, los cuales succionarán el agua potable a partir del tanque de almacenamiento a nivel, proyectado justo encima del tanque de aguas lluvias.

De acuerdo con la distribución arquitectónica del proyecto y los requerimientos de los aparatos hidrosanitarios, se definió como punto crítico el lavaplatos ubicado en la cafetería, ya que es el aparato que requiere mayor presión para su funcionamiento. Para el análisis se tuvo en cuenta una presión de trabajo del aparato de 5.632 mca (8 psi), presión tomada de la tabla 7.4.3 de la NTC1500 (Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias NTC 1500., 2023.).

A continuación, se resumen las unidades definidas para cada aparato de la red de suministro de agua potable con respecto a la NTC 1500. En la cual el lavaplatos es de tipo comercial con un valor de 3 y el lavamanos es de tipo público con un valor de 1.5 unidad hunter. Es recomendable que el punto de conexión se verifique de acuerdo a las fichas técnicas de los proveedores seleccionados en obra.

Aparato	Unidades de Hunter
Lavaplatos	3
Lavamanos público	1,5

**Tabla 5.5** Unidades Hunter aparatos hidráulicos.  
**Fuente.** NTC 1500 Quinta Actualización.

En la siguiente tabla se presenta el cálculo de la ruta crítica, en donde se muestran las unidades de Hunter estimadas para la red de suministro de agua potable, el cálculo de las pérdidas por fricción y accesorios, y la presión residual estimada para cada punto de conexión.



Tramo		Lavaplatos- Hotel, restaurante- Grifo-Fría	Lavamanos-Públ.- Grifo-Fría
Nodo i	Nodo j	3	1,5
1	2	1	
2	3		2

**Tabla 5.6.** Ruta crítica red de suministro, cantidad de aparatos en red.  
Fuente. Propia.

Tramo		DESCRIPCIÓN GENERAL														
Nodo i	Nodo j	Tramo Fl/Tan	Unidades Tanque	Unidades Totales - Tanque	Unidades Totales - Tramo	Unidades Totales Acumuladas	Caudal max. Probable (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (in)	Diámetro int (m)	Caudal Q (m�/s)	Velocidad (m/s)	Comp. Vel 0.6<U<2.0	$\Delta T$ (�C)	Temperatura del agua (�C)	Viscosidad Cinemática $\nu$ (m�/s)
1	2	Tanque	3,0	3,0	3,0	3,0	0,2	42,90	1/2	0,01818	0,00019	0,73	Cumple	-	5	1,5E-06
2	3	Tanque	3,0	6,0	3,0	6,0	0,3	16,08	1/2	0,01818	0,00032	1,22	Cumple	0,0	5	1,5E-06

**Tabla 5.7.** Ruta crítica red de suministro.  
Fuente. Propia.

Tramo		PÉRDIDAS POR FRICCIÓN						ACCESORIOS					PÉRDIDAS POR ACCESORIOS		PÉRDIDAS TOTALES	$\Delta Z$	PRESIÓN RESIDUAL (m)	PRESIÓN RESIDUAL (psi)
Nodo i	Nodo j	Re	Material de la tubería	$\epsilon$ (mm)	$\epsilon$ (m)	f	$h_f$ (m)	Codo 90�	Valvula Compuerta	Valvula de Cheque	Te flujo directo	Te flujo lateral	$\Sigma K$	$h_{acc}$ (m)	$h_f + h_{acc}$ (m)	$\Delta Z$ (m)		
								0,9	0,25	2,5	0,25	1,1					5,632	8,0
1	2	8,7E+03	PVC	0,0015	0,0000015	0,032	2,15	12,00	1,00		1,00	1,00	12,4	0,34	2,39	1,72	9,74	13,8
2	3	1,5E+04	PVC	0,0015	0,0000015	0,028	1,88	9,00	2,00	1,00			11,1	0,84	2,71	-0,26	12,25	17,3

**Tabla 5.8.** Ruta crítica red de suministro.  
Fuente. Propia.



## 5.5. Cálculo del equipo de bombeo y tanque hidroacumulador.

Por medio de la determinación de la ruta menos favorable del sistema de distribución de agua potable del proyecto, se estimó el equipo de bombeo necesario que cumple las condiciones del sistema. Se consideraron 2 bombas, una trabajando al 100% y una de suplencia.

CONSIDERACIONES INICIALES PARA CÁLCULO		
Variable	Valor	Unidades
$T$	5	°C
$v$	1,52E-06	m <sup>2</sup> /s

**Tabla 5.9.** Condiciones iniciales.  
Fuente. Propia.

PÉRDIDAS EN LA SUCCIÓN		
Variable	Valor	Unidades
Material	PVC	
$\varepsilon$	0,0015	mm
$\varepsilon$	0,0000015	m
$D$	3/4	in
$D$	0,02363	m
$L$	1,3499	m
$L$ equivalente	6.1299	m
$L$ total	5,8	m
$Q_{\text{sistema}}$	0,00032	m <sup>3</sup> /s
Porcentaje caudal de bombeo	100%	
$Q_{\text{bombeo}}$	0,00032	m <sup>3</sup> /s
$U$	0,72	m/s
$f$	0,030	
$h$ succión	0,21	m

**Tabla 5.10.** . Pérdidas en la succión.  
Fuente. Propia.

CÁLCULO DE CABEZA DINÁMICA TOTAL		
Variable	Valor	Unidades
Caudal	0,00032	m <sup>3</sup> /s
$h$ total conducción	12,20	m
$h$ succión	0,21	m
$H$ est. succ.	0,80	m
CDT	13,20	m
CDT diseño	13,30	m

**Tabla 5.11.** . Cabeza dinámica total.  
Fuente. Propia.

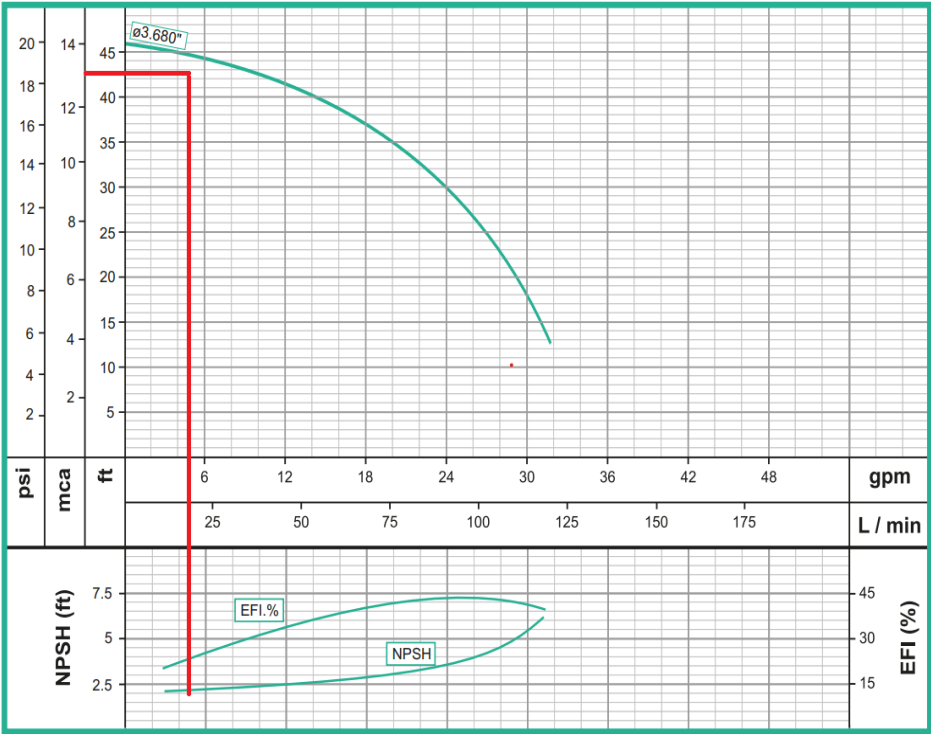
CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA		
Eficiencia $\eta$	65%	%
Potencia	0,10	HP
Potencia de diseño	0,25	HP

**Tabla 5.12.** Potencia de la bomba.  
Fuente. Propia.

## 5.6. Selección del equipo de bombeo para red de distribución de agua potable.

De acuerdo con los cálculos anteriores, se debe suplir un caudal de 0.32 L/s (5.10 GPM), para una altura dinámica total de 13.70 m para cada uno de los equipos. Por lo anterior, se recomienda usar una bomba caracol Barnes de

presión constante y velocidad variable, modelo CE 1 2-1 o similar, que cumpla con las condiciones del sistema. A continuación, se presenta la curva de la bomba propuesta:



**Tabla 5.13** Curva característica del equipo de agua potable.  
**Fuente.** Barnes (Caracol | Barnes de Colombia S.A., n.d.).

Si la bomba seleccionada (de acuerdo con el proveedor) tiene mayor eficiencia que la propuesta en el diseño, es posible que tenga una menor potencia de operación. En cualquier caso, se deberá garantizar el cumplimiento de requerimientos de caudal y presión de diseño del sistema de distribución de agua potable. Para el equipo seleccionado se tiene:

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	
Caudal de diseño (L/s)	0,32
Caudal de diseño (gal/min)	5,1
CDT diseño (m)	13,30
Marca	BARNES
Tipo	BOMBA CARACOL
Modelo	CE 1 2-1
Potencia (HP)	0,25
Diámetro del rotor (mm)	Variable
Conexión a succión (in)	1
Conexión a descarga (in)	1

**Tabla 5.14** . Recomendación del equipo de bombeo de agua potable.  
**Fuente.** Propia.

**5.7. Cálculo de cabeza neta de succión disponible.**

Para garantizar la correcta operación del equipo de bombeo seleccionado a continuación, se presenta el análisis de la cabeza neta de succión positiva para el sistema de bombeo seleccionado.

CÁLCULO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA		
g (Gravedad)	9,81	m/s <sup>2</sup>
Altitud media del municipio	510,00	msnm
Temperatura	28,50	°C
Presión atmosférica	9,75	m

**Tabla 5.15..** Cálculo de presión atmosférica.  
**Fuente.** Propia.

CABEZA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA DISPONIBLE NPSH <sub>d</sub>		
P atm	9,75	m
H est. succ.	0,80	m
h succ.	0,21	m
P vapor	0,87	m
NPSH d	7,87	m
NPSH r	2,40	m
Cavitación	No Existe	

**Tabla 5.16** Cabeza neta de succión positiva disponible..  
**Fuente.** Propia.

## 5.8. Cálculo del tanque hidroacumulador.

Se presenta el cálculo del tanque hidroacumulador, en función de la curva característica de la bomba seleccionada para el sistema de suministro de agua potable.

SELECCIÓN DEL HIDROACUMULADOR		
Variable	Valor	Unidades
Q <sub>máx</sub>	0,3	l/s
	5,0	Gal/min
H <sub>b</sub>	13,3	m
P <sub>b</sub>	<u>13,3</u>	m
	<u>1,3</u>	atm
Q <sub>b</sub>	5,0	Gal/min
	0,3	l/s
P <sub>a</sub>	<u>14,0</u>	m
	<u>1,4</u>	atm
Q <sub>a</sub>	31,8	Gal/min
	2,0	l/s
Q <sub>medio</sub>	1,2	l/s
T <sub>funcionamiento</sub>	1,2	min
VR	20,9	L
V <sub>hidroacumulador</sub>	726,6	L
P <sub>c</sub>	14,0	m
	<u>1,4</u>	atm
V <sub>hídr óptimo</sub>	<u>20,9</u>	L
<b><u>V hídr óptimo</u></b>	<b><u>24,0</u></b>	<b><u>L</u></b>

**Tabla 5.17** Selección tanque hidroacumulador.  
**Fuente.** Propia.

De acuerdo con lo presentado en la tabla anterior, correspondiente al cálculo del tanque hidroacumulador, para los requerimientos del proyecto, se recomienda la instalación de un hidroacumulador de 24 L (volumen de hidroacumulador comercial mínimo de diseño recomendado). Se aclara que este volumen puede variar de acuerdo con el proveedor del equipo.

## 6. DIMENSIONAMIENTO RED DE RESIRCULACIÓN DE AGUAS LLUVIAS.

### 6.1. Conceptos preliminares para el cálculo de la red de recirculación de aguas lluvias.

Para realizar el diseño de la red de recirculación de aguas lluvias, se determinaron las pérdidas de energía en el sistema por medio de la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{U^2}{2g}$$

Donde el coeficiente de fricción  $f$  se calcula a partir de la ecuación de Colebrook - White para régimen de flujo turbulento dada por la expresión:

$$f = \left[ -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{1.97\nu D}{Q\sqrt{f}} \right) \right]^2$$

La rugosidad absoluta  $\varepsilon$  se considera igual a 0.0000015 m (ver texto de consulta Streeter página 222).

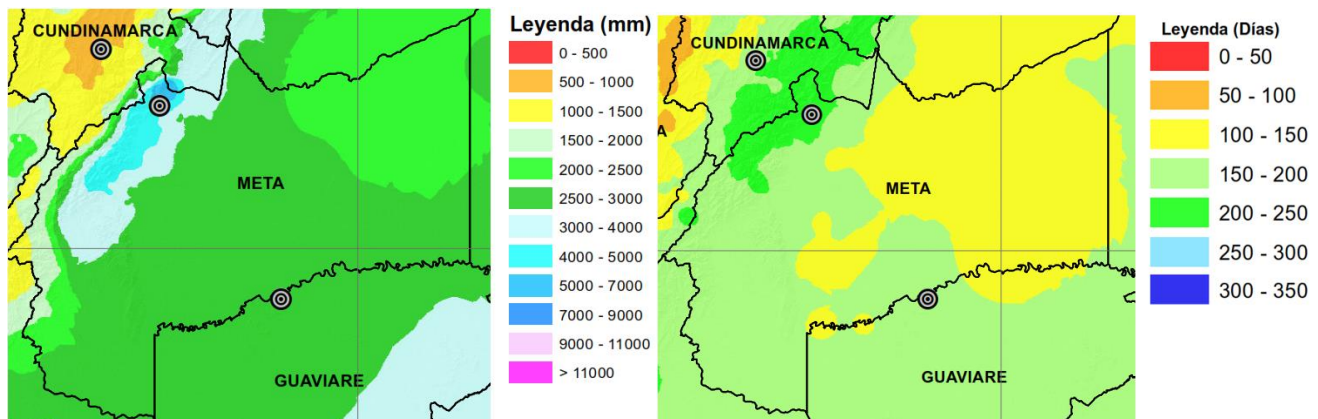
La viscosidad cinemática  $\nu$  se determina de acuerdo con la interpolación de la tabla de propiedades físicas del agua para una temperatura del agua de análisis del proyecto.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA		
Temperatura (°C)	$\nu \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)}$	$\nu \text{ (m}^2/\text{s)}$
0	1.792	0.000001792
5	1.519	0.000001519
10	1.308	0.000001308
15	1.141	0.000001141
20	1.007	0.000001007

**Tabla 6.1.** Viscosidad cinemática.  
Fuente. Propia.

### 6.2. Determinación del volumen del tanque de almacenamiento de la red de recirculación de aguas lluvias.

El tanque de almacenamiento, se diseña a partir de un balance hidrológico de escorrentía, que se obtiene por medio del área tributaria, coeficiente de escorrentía y datos de precipitación. Para la implementación de la tipología, se propone como zona de drenaje, las áreas de cubierta. El área potencial de intervención, se escogió, dada la facilidad con la que se desarrollarían los procesos de recolección, transporte y almacenamiento del agua. Para lo cual, se tiene un área total de drenaje de 428,65 m<sup>2</sup>. Después, se calcula la profundidad de lluvia promedio en la zona. Para esto, se utiliza el registro histórico de precipitación de la región para este caso es de 2500mm/año y 100 días de lluvia.



**Imagen 4** Precipitaciones anuales en mm y Días de Lluvia.  
Fuente. IDEAM.

A su vez, se utiliza como coeficiente de escorrentía para zonas duras 0.90.

Variable	Unidad	Valor
Área ( $A_d$ )	m <sup>2</sup>	409,41
Coeficiente (C)	-	0.9

**Tabla 6.2.** Variables de diseño.  
**Fuente.** Propia.

Se realiza el cálculo del volumen del tanque, teniendo en cuenta el área de recolección, la precipitación anual y el número de días anual de lluvia.

VOLUMEN DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS		
Área de recolección	409,41	m <sup>2</sup>
Número de días de lluvia anuales	100	días
Precipitación anual	2500,00	mm/año
Precipitación anual	0,29	mm/hr
Coeficiente de escorrentía	0,90	Cubiertas
Volumen a recolectar diario	2525,78	lt
Volumen a recolectar diario	2,53	m <sup>3</sup>

**Tabla 6.3.** Variables de diseño.  
**Fuente.** Propia.

Ahora, se realiza el cálculo para un tanque de almacenamiento de 7.93 m<sup>3</sup>, para 3 días de almacenamiento como se puede ver en la tabla anterior, que abarca el volumen requerido diario de 2.64 m<sup>3</sup> y que se encuentra de acuerdo a la disponibilidad de espacio que hay para dicho almacenamiento desde el componente arquitectónico.

### 6.3. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento de la red de suministro de recirculación de aguas lluvias, se realiza en función de los volúmenes totales definido en la Tabla 6.3, tal como se presenta a continuación:

DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE BAJO		
Volumen de almacenamiento requerido	8,00	m <sup>3</sup>
Longitud efectiva del tanque	1,90	m
Altura efectiva de la lámina de agua	1,50	m
Ancho efectivo del tanque	2,80	m
Borde libre	0,30	m
Volumen de almacenamiento efectivo	8,00	m <sup>3</sup>
Verificación del volumen efectivo vs volumen requerido	OK	

**Tabla 6.4.** Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de ALL.  
**Fuente.** Propia.

Para suplir la demanda del proyecto, se requiere un tanque de almacenamiento de aguas lluvias con un volumen de 8.00 m<sup>3</sup> y su sistema de desarenador. Las dimensiones del tanque mencionado, se coordinaron con las áreas de arquitectura y estructura.

A partir de dicho tanque, el agua será distribuida a los puntos hidráulicos que no requieran agua potable para su uso. Para el caso en el que no se cuente con lluvias durante un periodo extenso de tiempo, el tanque de agua tratada anteriormente mencionado, tendrá una acometida de la red de agua potable que suplirá 1/3 del volumen de este tanque para que el sistema de reutilización de aguas lluvias siempre esté funcionando; el restante de volumen de tanque se trabajará para que, al momento de terminarse la temporada seca, el sistema empiece a funcionar nuevamente con el agua lluvia.

Estos niveles serán medidos por medio de electroválvulas.

### 6.4. Cálculo de la ruta crítica.



Se sigue la metodología de valores de carga en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u), donde se determina el caudal máximo probable y el punto crítico de operación, con lo cual se dimensiona la red de recirculación de aguas lluvias para ser abastecida desde el tanque. (En este punto se tienen en cuenta las fichas técnicas entregadas por la parte arquitectónica del proyecto o en caso contrario, las presiones de trabajo establecidas por la NTC 1500).

De acuerdo con la distribución arquitectónica del proyecto y los requerimientos de los aparatos sanitarios, se definió como punto crítico el sanitario de tanque ubicado en los baños. Para el análisis se tuvo en cuenta una presión de trabajo del aparato de 14.08 mca (20 psi) como lo indica la NTC-1500, ya que es el aparato hidráulico que requiere mayor presión para su funcionamiento y a la vez es el punto que tiene mayor altura estática para cubrir, respecto al cuarto de bombas de recirculación de aguas lluvias.

A continuación, se resumen las unidades definidas para cada aparato de la red de suministro de agua potable con respecto a la NTC 1500:

Aparato	Unidades de Hunter
Poceta	2,25
Llave de manguera	2,25
Inodoro de tanque	5

**Tabla 6.5** Unidades Hunter para aparatos hidráulicos - red de recirculación de aguas lluvias.  
Fuente: NTC-1500

En la siguiente tabla se presenta el cálculo de la ruta crítica, en donde se muestran las unidades de Hunter estimadas para la red de recirculación de aguas lluvias, el cálculo de pérdidas por fricción y accesorios, y la presión residual estimada para cada punto de conexión.

Tramo		Poceta de servicio- Oficinas, etc.-Grifo- Fría	Inodoro-Públ- Tanque -Fría
Nodo i	Nodo j	2,25	5
1	2	1	1
2	3		1
3	4		2
4	5	2	

**Tabla 6.6.** Ruta crítica red de recirculación de aguas lluvias, numero de aparatos.  
**Fuente.** Propia.

Tramo		DESCRIPCIÓN GENERAL															
Nodo i	Nodo j	Unidades Tanque	Unidades Fluxómetro	Unidades Totales - Tanque	Unidades Totales Fluxómetro	Unidades Totales - Tramo	Unidades Totales Acumuladas	Caudal max. Probable (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (in)	Diámetro int (m)	Caudal Q (m³/s)	Velocidad (m/s)	Comp. Vel 0.6<U<2.0	ΔT (°C)	Temperatura del agua (°C)	Viscosidad Cinemática v (m²/s)
1	2	7,3	0,0	7,3	0,0	7,3	7,3	0,4	1,23	1/2	0,01818	0,00038	1,46	Cumple	-	5	1,5E-06
2	3	5,0	0,0	12,3	0,0	5,0	12,3	0,6	4,07	3/4	0,02363	0,00057	1,29	Cumple	0,0	5	1,5E-06
3	4	10,0	0,0	22,3	0,0	10,0	22,3	0,9	2,76	1	0,03020	0,00095	1,32	Cumple	0,0	5	1,5E-06
4	5	4,5	0,0	26,8	0,0	4,5	26,8	1,1	17,09	1	0,03020	0,00114	1,59	Cumple	0,0	5	1,5E-06

**Tabla 6.7.** Ruta crítica red de recirculación de aguas lluvias.  
**Fuente.** Propia.

Tramo		PÉRDIDAS POR FRICCIÓN						ACCESORIOS						PÉRDIDAS POR ACCESORIOS		PÉRDIDAS TOTALES	ΔZ	PRESIÓN RESIDUAL (m)	PRESIÓN RESIDUAL (psi)
Nodo i	Nodo j	Re	Material de la tubería	ε (mm)	ε (m)	f	h <sub>r</sub> (m)	Codo 90°	Ampliación	Válvula Compuerta	Válvula de Cheque	Te flujo directo	Te flujo lateral	ΣK	h <sub>acc</sub> (m)	h <sub>r</sub> + h <sub>acc</sub> (m)	ΔZ (m)		
								0,9	0,3	0,25	2,5	0,25	1,1					14,08	20,0
1	2	1,7E+04	PVC	0,0015	0,0000015	0,027	0,20	1,00	1,00				2,00	3,4	0,37	0,57	0,22	14,87	21,1
2	3	2,0E+04	PVC	0,0015	0,0000015	0,026	0,38	9,00	1,00	1,00		1,00		8,9	0,76	1,14	0,00	16,01	22,7
3	4	2,6E+04	PVC	0,0015	0,0000015	0,024	0,20	0,00				1,00		0,25	0,02	0,22	0,00	16,23	23,1
4	5	3,2E+04	PVC	0,0015	0,0000015	0,023	1,69	9,00		2,00	1,00		1,00	12,2	1,56	3,25	-0,26	19,22	27,3

**Tabla 6.8.** Ruta crítica red de recirculación de aguas lluvias.  
**Fuente.** Propia.

## 6.5. Cálculo del equipo de bombeo y tanque hidroacumulador.

Por medio de la determinación de la ruta menos favorable del sistema de distribución de aguas lluvias del proyecto, se estimó el equipo de bombeo necesario que cumple las condiciones del sistema. Se consideraron 2 bombas, una trabajando al 100% y una de suplencia.

CONSIDERACIONES INICIALES PARA CÁLCULO		
Variable	Valor	Unidades
$T$	5	°C
$v$	1,52E-06	m <sup>2</sup> /s

**Tabla 6.9.** Condiciones iniciales.

Fuente. Propia.

PÉRDIDAS EN LA SUCCIÓN		
Variable	Valor	Unidades
Material	PVC	
$\varepsilon$	0,0015	mm
$\varepsilon$	0,0000015	m
$D$	1 1/4	in
$D$	0,03814	m
$L$	2.7074	m
$L$ equivalente	6,44	m
$L$ total	9.1474	m
$Q_{\text{sistema}}$	0,00114	m <sup>3</sup> /s
Porcentaje caudal de bombeo	100%	
$Q_{\text{bombeo}}$	0,00114	m <sup>3</sup> /s
$U$	0,99	m/s
$f$	0,025	
$h$ succión	0,30	m

**Tabla 6.10.** Pérdidas en la succión

Fuente. Propia.

CÁLCULO DE CABEZA DINÁMICA TOTAL		
Variable	Valor	Unidades
Caudal	0,00114	m <sup>3</sup> /s
$h$ total conducción	19.22	m
$h$ succión	0,30	m
$H$ est. succ.	0,80	m
CDT	20.32	m
CDT diseño	20,40	m

**Tabla 6.11.** Cabeza dinámica total.

Fuente. Propia.

CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA		
Potencia	0,54	HP
Potencia de diseño	1,0	HP

**Tabla 6.12.** Potencia de la bomba.

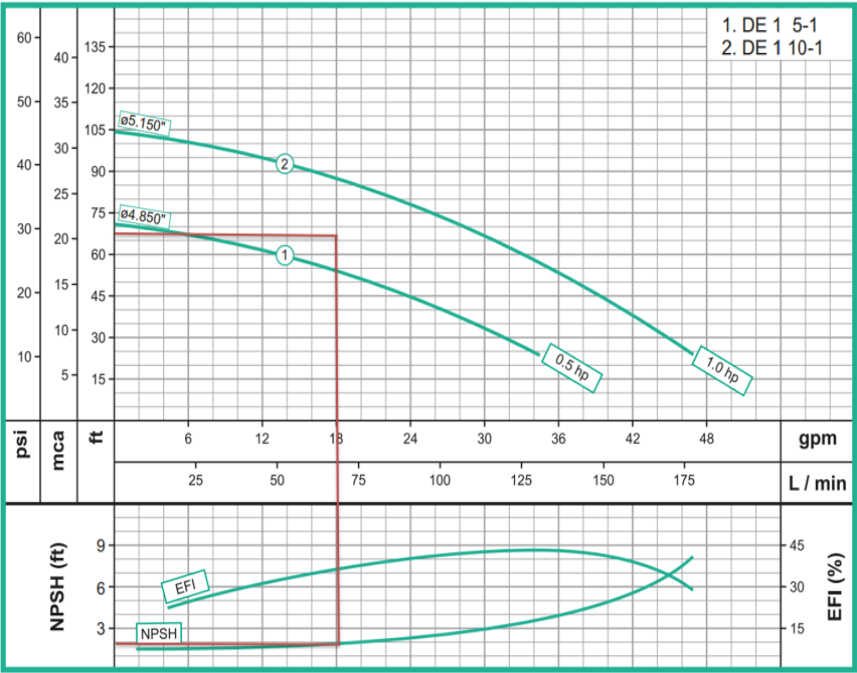
Fuente. Propia.

## 6.6. Selección del equipo de bombeo para red de recirculación de aguas lluvias.

De acuerdo con los cálculos anteriores, se debe suplir un caudal de 1.14 L/s (18 GPM), para una altura dinámica total de 20.0 m para cada uno de los equipos. Por lo anterior, se recomienda usar una bomba caracol Barnes Modelo DE 1



10-1, de presión constante y variador de velocidad o similar, que cumpla con las condiciones del sistema. A continuación, se presenta la curva de la bomba propuesta:



**Imagen 5** Curva característica del equipo de bombeo, red de recirculación de aguas lluvias.  
Fuente. Barnes (Caracol | Barnes de Colombia S.A., n.d.).

Si la bomba seleccionada (de acuerdo con el proveedor) tiene mayor eficiencia que la propuesta en el diseño, es posible que tenga una menor potencia de operación. En cualquier caso, se deberá garantizar el cumplimiento de requerimientos de caudal y presión de diseño del sistema de recirculación. Para el equipo seleccionado se tiene:

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	
Caudal de diseño (L/s)	1,14
Caudal de diseño (gal/min)	18,0
CDT diseño (m)	20.4
Marca	BARNES
Tipo	BOMBA CARACOL
Modelo	DE 1 10-1
Potencia (HP)	1,00
Diámetro del rotor (mm)	Variable
Conexión a succión (in)	1-1/4"
Conexión a descarga (in)	1"

**Tabla 6.13.** Potencia de la bomba.  
Fuente. Propia.

6.7. Cálculo de cabeza neta de succión disponible.

Para garantizar la correcta operación del equipo de bombeo seleccionado, a continuación, se presenta el análisis de la cabeza neta de succión positiva para el sistema de bombeo seleccionado.

CÁLCULO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA		
g (Gravedad)	9,81	m/s2
Altitud media del municipio	510,00	msnm

CÁLCULO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA		
Temperatura	28,50	°C
Presión atmosférica	9,75	m

**Tabla 6.14.** Cálculo de presión atmosférica.  
Fuente. Propia.

CABEZA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA DISPONIBLE NPSH <sub>d</sub>		
P atm	9,75	m
H est. succ.	0,80	m
h succ.	0,30	m
P vapor	0,87	m
NPSH d	7,78	m
NPSH r	2,00	m
Cavitación	No Existe	

**Tabla 6.15.** Cabeza neta de succión positiva disponible  
Fuente. Propia.

## 6.8. Cálculo del tanque hidroacumulador.

Se presenta el cálculo del tanque hidroacumulador, en función de la curva característica de la bomba seleccionada para el sistema de recirculación de aguas lluvias.

SELECCIÓN DEL HIDROACUMULADOR		
Variable	Valor	Unidades
Q <sub>máx</sub>	1,1	l/s
	18,0	Gal/min
H <sub>b</sub>	20,4	m
P <sub>b</sub>	<u>20,4</u>	m
	<u>2,0</u>	atm
Q <sub>b</sub>	18,0	Gal/min
	1,1	l/s
P <sub>a</sub>	<u>32,0</u>	m
	<u>3,1</u>	atm
Q <sub>a</sub>	47,0	Gal/min
	3,0	l/s
Q <sub>medio</sub>	2,1	l/s
T <sub>funcionamiento</sub>	1,2	min
VR	36,9	L
V <sub>hidroacumulador</sub>	134,7	L
P <sub>c</sub>	32,0	m
	<u>3,1</u>	atm
V <sub>hidr óptimo</sub>	<u>36,9</u>	L
<b><u>V<sub>hidr óptimo</sub></u></b>	<b><u>60,0</u></b>	<b><u>L</u></b>

**Tabla 6.16.** Selección tanque hidroacumulador.  
Fuente. Propia.

De acuerdo con lo presentado en la tabla anterior, correspondiente al cálculo del tanque hidroacumulador, para los requerimientos del proyecto se recomienda la instalación de un hidroacumulador de 60 L (volumen de hidroacumulador comercial mínimo de diseño recomendado). Se aclara que este volumen puede variar de acuerdo con el proveedor del equipo.

## 7. DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE AGUAS RESIDUALES

Para el diseño de la red de desagües de aguas residuales, se realizó el cálculo por medio del valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga. Se determinó el caudal según las unidades y el caudal a tubo lleno para determinar la profundidad de la lámina de agua. Así mismo se comprueba que se cumpla con el criterio de auto lavado del sistema.

Para el diseño de los colectores de aguas residuales se determinará el caudal esperado por medio de la metodología del valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga y se definieron los diámetros de tal manera que la relación  $Q/Q_0$  garantice en todo momento la operación de las tuberías sea a superficie libre. La capacidad a tubo lleno se define a partir de la ecuación de Gauckler-Manning la cual obtiene su nombre por los estudios desarrollados por el ingeniero irlandés Robert Manning, basados en análisis previos desarrollados por Philippe-Gaspard Gauckler. La ecuación relaciona el caudal con el coeficiente de rugosidad de Manning, el radio hidráulico, el área de la tubería y la pendiente de la línea de energía, como se relaciona a continuación:

$$Q_0 = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde

$Q_0$	Caudal medio de flujo ( $m^3/s$ )
$R$	Radio hidráulico en el sitio de análisis (m)
$S$	Pendiente de la línea de energía (m/m)
$n$	Coeficiente de rugosidad de Manning.
$A$	Área de la sección transversal de la tubería ( $m^2$ )

El valor del coeficiente de Manning para tuberías PVC-S y PVC-ALC adoptado será de 0.009.

Una vez definido el caudal a tubo lleno, se comparó con el caudal esperado, se determinó la relación  $Q/Q_0$  y a partir de relaciones hidráulicas se determinaron los valores  $y/D$ ,  $v/V_0$ ,  $H/D$  y  $\tau/\tau_0$ , de las cuales posteriormente se despejaron los valores de  $y$  (profundidad de la lámina de agua),  $v$  (velocidad de flujo),  $H$  (profundidad hidráulica) y  $\tau$  (Fuerza tractiva), respectivamente.

Con base en la velocidad del flujo y la profundidad hidráulica se determinó el número de Froude, el cual establece el régimen de flujo presentado en la tubería: si este es menor a 0.9 se presentará flujo sub-crítico, si está por encima de 1.1 corresponderá a flujo super-crítico. Se busca que el flujo no presente número de Froude en el rango de 0.9 a 1.1, ya que en dicho rango el flujo es inestable o casi-crítico.

Se verificó que la velocidad sea superior a la mínima permitida por la norma (Resolución 0330), siendo esta, aquella que garantice auto-limpieza en los colectores, donde la fuerza tractiva sea superior a las mínimas establecidas por la norma (1.0 Pa alcantarillados residuales y 2.0 Pa pluviales o combinados).

### 7.1. Dimensionamiento redes residuales.

El dimensionamiento de la red residual se realizó a partir de la ruta crítica dentro el sistema de colectores siguiendo la tabla 7.1 que establece unidades de descarga por aparato de aguas residuales.

Aparato	Unidad de descarga
Sanitario tanque	4
Lavamanos	1
POCETA	2
Lavaplatos	2
Sifón de piso 2"	3
Sifón de piso 3"	5

**Tabla 7.1.** Unidades de descarga por aparato.  
Fuente. NTC 1500

## 7.2. Dimensionamiento de red de ventilación.

El sistema de ventilación de las aguas residuales es necesario para proteger los sellos hidráulicos de los sifones proyectados en la red. Dicho sistema, se dimensionó determinando la longitud máxima permisible, de acuerdo con las unidades de descarga y el diámetro de las bajantes ventiladas.

El diámetro mínimo requerido para las bajantes de ventilación y ventilaciones verticales debe ser determinado por el desarrollo longitudinal del tramo y el total de unidades de desagüe de aparatos conectados, esto de acuerdo con la NTC 1500 quinta actualización, pero en ningún caso el diámetro debe ser menor que la mitad del drenaje servido o menor que 32mm.

Para las redes de aguas residuales, se plantean redes de ventilación convencional.

Bajante AR Asociada	Bajante Vent Tipo No.	Unidades en base	Diámetro (pulgadas)	Diámetro ventilación (pulg)	Unidades máximas por diámetro	Verificación
Baños	V.V.R N° 1	28,00	4	2	500	Ok
Cafetería	V.V.R N° 2	5,00	3	2	20	Ok

**Tabla 7.2.** Dimensionamiento red de ventilación.  
Fuente. NTC 1500

## 7.3. Dimensionamiento de colectores de aguas residuales.

Para el diseño de la red de desagües de aguas residuales se plantea el cálculo por medio del valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga. Se determinó el caudal según las unidades y el caudal a tubo lleno para determinar la profundidad de la lámina de agua, con lo cual se debe cumplir  $0.12 \leq Y/d_0 \leq 0.85$ . Así mismo se comprobó que se cumpliera con el criterio de auto lavado del sistema. Se incluye el análisis de los parámetros de diseño de la red de recolección de agua residual, en la cual se verifica el cumplimiento de cada uno de los parámetros de diseño:  $Q/Q_0$ ,  $y/\phi$ , velocidad de autolimpieza y fuerza tractiva ( $\tau$ ), por otro lado, en las tablas de cálculo se presentan longitudes, pendientes y niveles de la red de aguas residuales.

La conexión a la Red de Alcantarillado Sanitario de la zona se realizará al pozo séptico.

DESCRIPCIÓN GENERAL											CONDICIÓN A TUBO LLENO			RELACIÓN Q/Q <sub>0</sub>
Punto		Unidades de Hunter	U Hunter Acum.	Caudal max. Probable (L/s)	Caudal Q (m³/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Q <sub>0</sub> (m³/s)	V <sub>0</sub>	t <sub>0</sub> (kg/m²)	Q/Q <sub>0</sub>
Nodo i	Nodo j													
Punto 1	Punto 2	5	5	0,35	0,0004	PVC_S	0,009	3	0,08256	1,60%	0,006	1,06	0,33	0,06
Punto 2	Punto 3	1	6	0,40	0,0004	PVC_S	0,009	3	0,08256	1,60%	0,006	1,06	0,33	0,07
Punto 3	Punto 4	1	7	0,44	0,0004	PVC_S	0,009	3	0,08256	1,60%	0,006	1,06	0,33	0,08
Punto 4	Punto 5	4	11	0,60	0,0006	PVC_S	0,009	4	0,1077	1,60%	0,012	1,26	0,43	0,05
Punto 5	Punto 6	4	15	0,75	0,0007	PVC_S	0,009	4	0,1077	1,20%	0,010	1,09	0,32	0,08
Punto 6	C.I.A.R. N° 1	13	28	1,15	0,0011	PVC_S	0,009	4	0,1077	1,00%	0,009	1,00	0,27	0,13
C.I.A.R. N° 1	C.I.A.R. N° 2		28	1,15	0,0011	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,16
C.I.A.R. N° 2	C.I.A.R. N° 3		28	1,15	0,0011	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,16
C.I.A.R. N° 3	C.I.A.R. N° 4		28	1,15	0,0011	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,16
C.I.A.R. N° 4	C.I.A.R. N° 5		28	1,15	0,0011	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,16
C.I.A.R. N° 5	PZ	5	33	1,28	0,0013	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,18
PZ	C.I.A.R. N° 7		33	1,28	0,0013	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,18

**Tabla 7.3.** Dimensionamiento de colectores de aguas residuales.

Fuente. Propia.

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Y/f	V/V <sub>0</sub>	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t <sub>0</sub>	t (kg/m²)
Nodo i	Nodo j								
Punto 1	Punto 2	0,185	0,45	0,48	0,13	0,011	1,48	0,45	0,15
Punto 2	Punto 3	0,2	0,47	0,50	0,14	0,012	1,49	0,49	0,16
Punto 3	Punto 4	0,2	0,47	0,50	0,14	0,012	1,49	0,49	0,16
Punto 4	Punto 5	0,168	0,43	0,54	0,12	0,012	1,54	0,42	0,18
Punto 5	Punto 6	0,2	0,47	0,52	0,14	0,015	1,34	0,49	0,16
Punto 6	C.I.A.R. N° 1	0,264	0,56	0,56	0,19	0,020	1,26	0,62	0,17
C.I.A.R. N° 1	C.I.A.R. N° 2	0,296	0,60	0,56	0,21	0,021	1,24	0,68	0,17
C.I.A.R. N° 2	C.I.A.R. N° 3	0,296	0,60	0,56	0,21	0,021	1,24	0,68	0,17
C.I.A.R. N° 3	C.I.A.R. N° 4	0,296	0,60	0,56	0,21	0,021	1,24	0,68	0,17
C.I.A.R. N° 4	C.I.A.R. N° 5	0,296	0,60	0,56	0,21	0,021	1,24	0,68	0,17
C.I.A.R. N° 5	PZ	0,316	0,62	0,58	0,23	0,023	1,23	0,72	0,18
PZ	C.I.A.R. N° 7	0,316	0,62	0,58	0,23	0,023	1,23	0,72	0,18

**Tabla 7.4.** Dimensionamiento de colectores de aguas residuales.

Fuente. Propia.

DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA									
Punto		Longitud (m)	Nivel rasante Inicial (m)	Nivel Clave Inicial (m)	Nivel rasante Final (m)	Nivel Clave Final (m)	Caida (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)
Nodo i	Nodo j										
Punto 1	Punto 2	0,58	0,02	-0,50	0,02	-0,51	-	458,02	457,50	458,02	457,49
Punto 2	Punto 3	0,40	0,02	-0,51	0,02	-0,52		458,02	457,49	458,02	457,48
Punto 3	Punto 4	0,30	0,02	-0,52	0,02	-0,52		458,02	457,48	458,02	457,48
Punto 4	Punto 5	0,92	0,02	-0,52	0,02	-0,54		458,02	457,48	458,02	457,46
Punto 5	Punto 6	4,08	0,02	-0,54	0,02	-0,58		458,02	457,46	458,02	457,42
Punto 6	C.I.A.R. N° 1	2,00	-0,75	-0,58	-0,75	-1,36	0,02	457,25	457,42	457,25	456,64
C.I.A.R. N° 1	C.I.A.R. N° 2	6,82	-0,75	-1,38	-0,75	-1,45	0,02	457,25	456,62	457,25	456,55
C.I.A.R. N° 2	C.I.A.R. N° 3	15,87	-0,75	-1,47	-0,75	-1,63	0,02	457,25	456,53	457,25	456,37
C.I.A.R. N° 3	C.I.A.R. N° 4	8,90	-0,75	-1,65	-0,75	-1,74	0,02	457,25	456,35	457,25	456,26
C.I.A.R. N° 4	C.I.A.R. N° 5	13,02	-0,75	-1,76	-0,75	-1,89	0,02	457,25	456,24	457,25	456,11
C.I.A.R. N° 5	PZ	6,70	-0,75	-1,91	-0,75	-1,98	0,02	457,25	456,09	457,25	456,02
PZ	C.I.A.R. N° 7	0,65	-0,75	-1,96	-0,75	-1,99	0,02	457,25	456,04	457,25	456,01

**Tabla 7.5.** Dimensionamiento de colectores de aguas residuales cotas.

**Fuente.** Propia.

#### 7.4. Dimensionamiento de pozos sépticos.

Para el proyecto con producción de aguas residuales, se proyecta un sistema de recolección de aguas residuales por medio de tuberías y cajas, que llegan a un pozo séptico, acompañado de un campo de infiltración. Para el diseño del pozo séptico se tuvieron en cuenta los parámetros definidos en el título E del RAS.

VOLUMEN ÚTIL DEL MEDIO FILTRANTE		
Número de contribuyentes (Nc)	30	habitantes
Contribución aguas residuales (C)	50	lt/habitante/día
Tiempo de retención (T)	0,92	días
Volumen útil del medio filtrante (Vf)	2208	lt
Volumen útil del medio filtrante (Vf)	2,208	m3

**Tabla 7.6.** Cálculo volumen útil.  
**Fuente.** Propia.

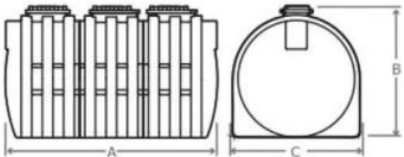
CÁLCULO DE POZO SÉPTICO		
Intervalo de limpieza	1	año
Número de contribuyentes (Nc)	30	habitantes
Contribución aguas residuales (C)	50	lt/habitante/día
Contribución diaria	1500	lt/día
Tiempo de retención (T)	0,92	días
Contribución de lodo fresco (Lf)	0,2	lt/día
Tasa de acumulación lodos digeridos (K)	57	
Volumen útil del tanque (Vu)	2722	lt
Volumen útil del tanque (Vu)	2,72	m3

**Tabla 7.7.** Cálculo de pozo séptico.  
**Fuente.** Propia.

VOLUMEN ÚTIL DEL MEDIO FILTRANTE		
Contribución diaria	1500	lt/día
Contribución diaria	1,5	m3/día
Volumen lecho filtrante	0,04	m3
Volumen final lecho filtrante	0,6	m3

**Tabla 7.8.** Volumen útil del medio filtrante.  
**Fuente.** Propia.

Se implementan 1 pozo séptico prefabricado con un volumen de 5000 litros según las siguientes especificaciones.



Capacidad (Lts. medidas nominales)	Medida (cm)		
	A	B	C
1.650	230	107	100
2.000	230	123	114
3.000	225	150	131
5.000	242	183	173
7.500	342	183	173
10.000	442	183	173
12.500	542	183	173
15.000	642	183	173
17.500	742	183	173
20.000	500	246	230
25.000	610	246	230
30.000	724	246	230
35.000	838	246	230
40.000	952	246	230
45.000	1066	246	230
50.000	1180	246	230

Medidas aproximadas en cm.

**Imagen 6** Pozo séptico 5000L

**Fuente.** (Sistema Séptico Integrado I Rotoplast, n.d.)

Para el diseño del campo de infiltración se tuvieron en cuenta los parámetros definidos en el título E del RAS. Se determinó un campo de infiltración de 6 zanjas con tubería de 4 pulgadas, para cubrir un área total de campo de infiltración de 132 metros cuadrados.

CAMPO DE INFILTRACIÓN		
Tiempo de infiltración (t)	60	min
Número de espacios habitables	6	arquitectura
Área de absorción por habitación	22	m2/cuarto
Área del campo de infiltración	132	m2
Ancho de la zanja	0,75	m
Alto de la zanja	0,6	m
Longitud de la zanja	176	m
Distancia entre zanjas	1	m
Pendiente	0,5	%
Tubería	0,10	m

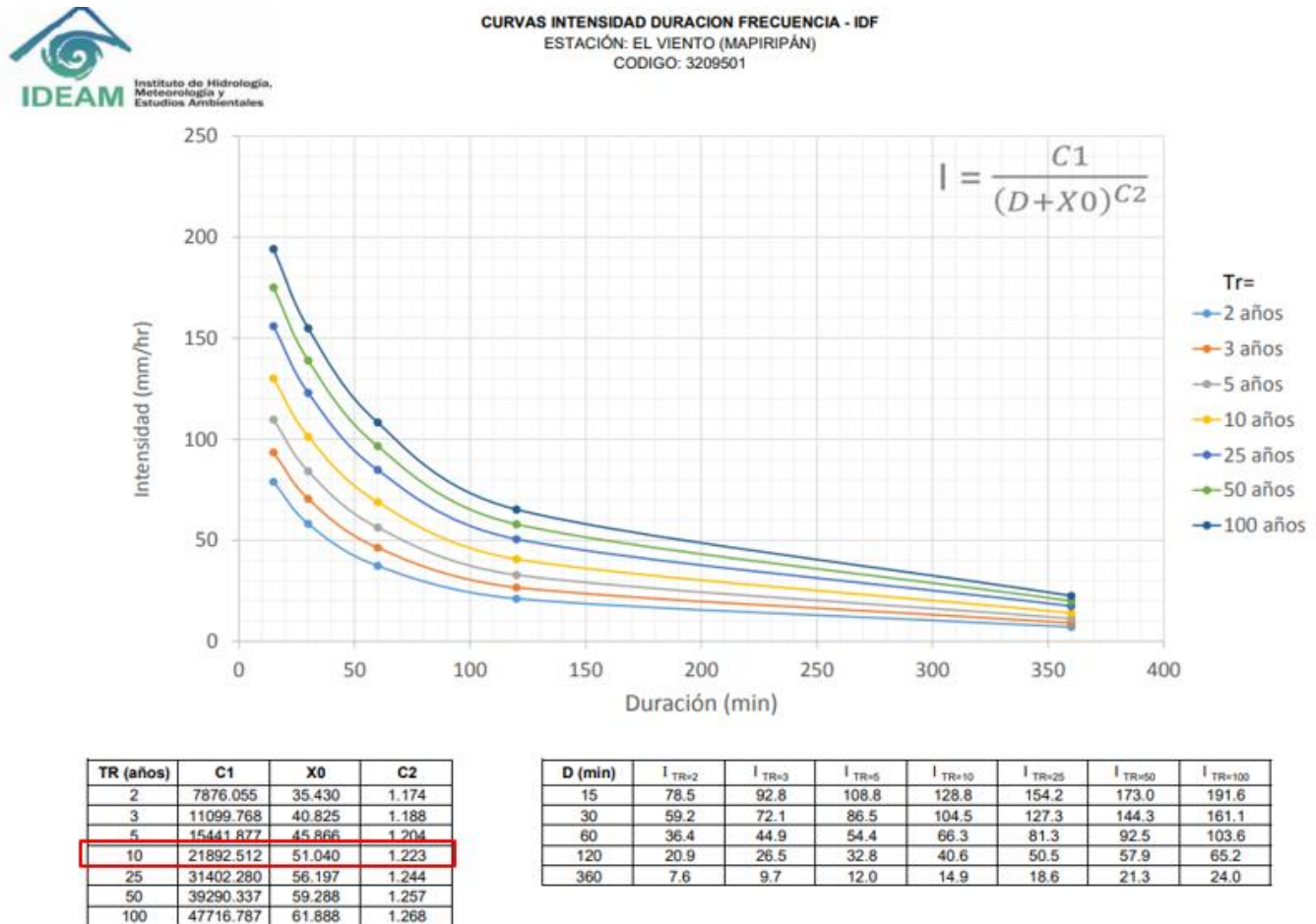
**Tabla 7.9.** Campo de infiltración.  
Fuente. Propia.



## 8. DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE AGUAS LLUVIAS

### 8.1. Curvas IDF.

Para el diseño de la red de aguas lluvias se determinó el caudal para una intensidad de diseño, asumida para un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de concentración de 10 minutos de acuerdo con normatividad NTC 1500. Para esto, se tuvo en cuenta las curvas IDF correspondientes al municipio de Mapiripán, información tomada directamente del IDEAM como se muestra a continuación.



**Imagen 7** Curvas IDF - Estación El viento (Mapiripán)  
**Fuente.** IDEAM (CURVAS IDF - CURVAS IDF - IDEAM, n.d.).

Con base en la configuración de las cubiertas se evaluaron los patrones de drenaje y las áreas de aporte esperadas en la edificación, proyectando las tragantes y bajantes necesarias. Se identificaron los puntos de confluencia del flujo y se estimaron los caudales de aporte por medio del método racional, de acuerdo con el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Este método se basa en la definición del coeficiente de escorrentía, valor adimensional basado en la relación entre el volumen de escorrentía superficial y el volumen de precipitación, es decir, relaciona el porcentaje de agua precipitada que se convierte en escorrentía superficial. Se presenta a continuación el caudal de escorrentía definido por medio de este método:

$$Q = 2.78 C * I * A$$

Dónde

- Q Caudal de escorrentía
- C Coeficiente de escorrentía (Adimensional)
- I Intensidad de precipitación (mm/hr)
- A Área de aporte (Ha)

El coeficiente de 2.78 es un factor de conversión de unidades.

## 8.2. Coeficiente escorrentía.

Los coeficientes de escorrentía se determinaron de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,90
Vías adoquinadas	0,85
Zonas comerciales o industriales	0,90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,30

**Tabla 8.1 .** Coeficientes de escorrentía  
Fuente. Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2016.

## 8.3. Dimensionamiento de tragantes de aguas lluvias.

Se plantea doble bajante por cada cubierta; además, por cada bajante se asignan 2 tragantes: uno a nivel del canal de aguas y otro a un nivel más alto, en caso de taponamiento u obstrucciones.

Tragante	Bajante de Conexión	Nivel	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
Tragante No. 1	B.A.L.L. No. 1	3,88	43,12	0,90	1,55
Tragante No. 2	B.A.L.L. No. 2	3,88	43,12	0,90	1,55
Tragante No. 3	B.A.L.L. No. 3	3,88	92,39	0,90	3,31
Tragante No. 4	B.A.L.L. No. 4	3,88	92,39	0,90	3,31
Tragante No. 5	B.A.L.L. No. 5	3,88	69,20	0,90	2,48
Tragante No. 6	B.A.L.L. No. 6	3,88	69,20	0,90	2,48

**Tabla 8.2.** Dimensionamiento de tragantes de aguas lluvias.  
Fuente. Propia.

## 8.4. Dimensionamiento de canaletas y viga canal.

Para las cubiertas del proyecto, se asignaron canaletas metálicas de 0.20m de ancho por 0.25m de alto, distribuidas según los planos de diseño. A continuación, se presenta el cálculo de estos elementos:

Canaleta	Bajante de Conexión	Nivel	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)	Ancho (b)	Pendiente Longitudinal	Coeficiente de Manning (n)	Yn	Y del cárcamo	Y final del cárcamo
Canaleta No. 1	B.A.L.L. No. 1	3,88	43,12	0,90	1,55	0,20	0,50%	0,015	0,02	0,22	0,25
Canaleta No. 1	B.A.L.L. No. 2	3,88	43,12	0,90	1,55	0,20	0,50%	0,015	0,02	0,22	0,25
Canaleta No. 2	B.A.L.L. No. 3	3,88	92,39	0,90	3,31	0,20	0,50%	0,015	0,04	0,24	0,25
Canaleta No. 2	B.A.L.L. No. 4	3,88	92,39	0,90	3,31	0,20	0,50%	0,015	0,04	0,24	0,25
Canaleta No. 3	B.A.L.L. No. 5	3,88	69,20	0,90	2,48	0,20	0,50%	0,015	0,03	0,23	0,25
Canaleta No. 3	B.A.L.L. No. 6	3,88	69,20	0,90	2,48	0,20	0,50%	0,015	0,03	0,23	0,25

**Tabla 8.3.** Dimensionamiento de canaletas y viga canal.  
Fuente. Propia.

## 8.5. Dimensionamiento de bajantes de aguas lluvias.

De acuerdo con la distribución de áreas aferentes a cada una de las bajantes, se realizó el dimensionamiento de las bajantes de aguas lluvias, garantizando una relación de llenado de 7/24 definida de acuerdo con la NTC 1500.

Por otra parte, se calculó la intensidad de precipitación para la zona, de acuerdo con la información y ecuación suministrada para la elaboración de las curvas IDF, los cuales se pueden observar en la imagen 6.

Duración (min)	10
Periodo de retorno (Años)	10
Intensidad de Diseño (mm/hr)	143,38

**Tabla 8.4.** Parámetros de diseño red de aguas lluvias  
Fuente. Propia.

Bajante	Caudal (L/s)	Diámetro (")	Relación anillo de agua - tubería	Cumplimiento	Carga máxima normatividad	Cumplimiento
B.A.LL. No. 5	1,55	4	0,10	OK	9,10	OK
B.A.LL. No. 6	1,55	4	0,10	OK	9,10	OK
B.A.LL. No. 3	3,31	4	0,17	OK	9,10	OK
B.A.LL. No. 4	3,31	4	0,17	OK	9,10	OK
B.A.LL. No. 1	2,48	4	0,13	OK	9,10	OK
B.A.LL. No. 2	2,48	4	0,13	OK	9,10	OK

**Tabla 8.5.** Cálculo de bajantes de aguas lluvias  
Fuente. Propia.

## 8.6. Dimensionamiento de colectores de aguas lluvias.

Las redes de aguas residuales y aguas lluvias se proyectan por separado, con diámetros óptimos para garantizar el adecuado funcionamiento de las mismas, cumpliendo los parámetros de velocidad y fuerza tractiva de conformidad con la normatividad vigente. La disposición final de las aguas lluvias se deberá realizar hacia desarenador, no existe red de alcantarillado pluvial cerca a esta zona, por lo que su rebose se proyectará a un campo de infiltración.

DESCRIPCIÓN GENERAL										CONDICIÓN A TUBO LLENO			RELACIÓN Q/Qo
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Acumulado (L/s)	Caudal Q (m³/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m³/s)	Vo	to (kg/m²)	Q/Qo
Nodo i	Nodo j												
B.A.LL.No 6	C.I.A.L.L N°1	2,48	2,48	0,0025	PVC_S	0,009	4	0,1077	1,50%	0,011	1,22	0,40	0,22
C.I.A.L.L N°1	C.I.A.L.L N°2	2,48	4,96	0,0050	PVC_ALC	0,009	110	0,099	1,00%	0,007	0,94	0,25	0,68
C.I.A.L.L N°2	C.I.A.L.L N°3	3,31	8,28	0,0083	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	0,58
C.I.A.L.L N°3	C.I.A.L.L N°4	3,31	11,59	0,0116	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	0,82
C.I.A.L.L N°4	DESARENADOR	3,09	14,69	0,0147	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	1,03
Rebose	C.I.A.L.L N°6	0,00	14,69	0,0147	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	1,03
C.I.A.L.L N°6	C.I.A.L.L N°7	0,00	14,69	0,0147	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	1,03
C.I.A.L.L N°7	C.I.A.L.L N°8	0,00	14,69	0,0147	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	1,03
C.I.A.L.L N°8	C.I.A.L.L N°9	0,00	14,69	0,0147	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	1,03
C.I.A.L.L N°9	Campo infiltración	0,00	14,69	0,0147	PVC_ALC	0,009	160	0,145	0,50%	0,014	0,86	0,18	1,03

**Tabla 8.6.** Cálculo de colectores de aguas lluvias.  
Fuente. Propia.

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/tc	t (kg/m²)
Nodo i	Nodo j								
B.A.LL.No6	C.I.A.L.L N°1	0,361	0,66	0,81	0,27	0,029	1,53	0,79	0,32
C.I.A.L.L N°1	C.I.A.L.L N°2	0,676	0,95	0,89	0,60	0,060	1,17	1,17	0,29
C.I.A.L.L N°2	C.I.A.L.L N°3	0,613	0,90	0,78	0,52	0,075	0,90	1,12	0,20
C.I.A.L.L N°3	C.I.A.L.L N°4	0,761	1,00	0,86	0,75	0,109	0,83	1,24	0,23
C.I.A.L.L N°4	DESARENADOR	0,925	1,05	0,90	1,34	0,195	0,65	1,19	0,23
Rebose	C.I.A.L.L N°6	0,925	1,05	0,90	1,34	0,195	0,65	1,19	0,23
C.I.A.L.L N°6	C.I.A.L.L N°7	0,925	1,05	0,90	1,34	0,195	0,65	1,19	0,23
C.I.A.L.L N°7	C.I.A.L.L N°8	0,925	1,05	0,90	1,34	0,195	0,65	1,19	0,23
C.I.A.L.L N°8	C.I.A.L.L N°9	0,925	1,05	0,90	1,34	0,195	0,65	1,19	0,23
C.I.A.L.L N°9	Campo infiltración	0,925	1,05	0,90	1,34	0,195	0,65	1,19	0,23

**Tabla 8.7.** Cálculo de colectores de aguas lluvias cotas.  
Fuente. Propia.

DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA									
Punto		Longitud (m)	Nivel rasante Inicial (m)	Nivel Clave Inicial (m)	Nivel rasante Final (m)	Nivel Clave Final (m)	Caída (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)
Nodo i	Nodo j										
B.A.L.L.No6	C.I.A.L.L N° 1	6,57	-0,75	-1,29	-0,75	-1,39	-	457,25	456,71	457,25	456,61
C.I.A.L.L N° 1	C.I.A.L.L N° 2	7,15	-0,75	-1,42	-0,75	-1,49	0,02	457,25	456,58	457,25	456,51
C.I.A.L.L N° 2	C.I.A.L.L N° 3	5,44	-0,75	-1,46	-0,75	-1,49	0,02	457,25	456,54	457,25	456,51
C.I.A.L.L N° 3	C.I.A.L.L N° 4	4,22	-0,75	-1,51	-0,75	-1,53	0,02	457,25	456,49	457,25	456,47
C.I.A.L.L N° 4	DESARENADOR	3,28	-0,75	-1,55	-0,75	-1,56	0,02	457,25	456,45	457,25	456,44
Rebose	C.I.A.L.L N° 6	0,91	-0,75	-1,61	-0,75	-1,62	0,02	457,25	456,39	457,25	456,38
C.I.A.L.L N° 6	C.I.A.L.L N° 7	16,34	-0,75	-1,64	-0,75	-1,72	0,02	457,25	456,36	457,25	456,28
C.I.A.L.L N° 7	C.I.A.L.L N° 8	15,75	-0,75	-1,74	-0,75	-1,82	0,02	457,25	456,26	457,25	456,18
C.I.A.L.L N° 8	C.I.A.L.L N° 9	8,90	-0,75	-1,84	-0,75	-1,89	0,02	457,25	456,16	457,25	456,11
C.I.A.L.L N° 9	Campo infiltración		-0,75	-1,91	-0,75	-1,91	0,02	457,25	456,09	457,25	456,09

**Tabla 8.8.** Cálculo de colectores de aguas lluvias cotas.

**Fuente.** Propia.

## 8.7. Dimensionamiento desarenador.

Para el sistema de reutilización de aguas lluvias, de acuerdo con normatividad, debe existir una estructura de sedimentación primaria. Para este caso, se implementará un desarenador con las siguientes características:

$$V_{se} = \frac{g}{18} \left( \frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right) d^2$$

Donde:

Vs: velocidad de sedimentación de las partículas en cm/seg.

d: diámetro de las partículas en cms. 0.011 cm

g: aceleración de la gravedad cm/seg/seg

Ps: peso específico de la partícula (arena valor medio: 2.65)

P: peso específico del líquido (agua: 1.0)

μ: viscosidad del agua

Diseño del desarenador		
Caudal de diseño:	15,34	L/s
Caudal de diseño:	<b>0,0153</b>	<b>m3/s</b>
Øpartícula crítica	0,01	cm
Temperatura agua	12	°C
Viscosidad cinemática	0,01237	cm2/s
Vs	0,8787	cm/s

**Tabla 8.9.** Datos de entrada desarenador.

Fuente. Propia.

Eficiencia	
% remoción (50-87.5)	0,50
Grado de desarenador (n)	1
Requiere pantallas	NO
Número Hazen (a)	1

**Tabla 8.10** Datos dimensionamiento .

Fuente. Propia.

Dimensiones del desarenador		
Profundidad útil (H):	<b>1</b>	<b>m</b>
Tiempo de caída de la partícula (t)	113,80	s
Cálculo del tiempo de retención (a*t)	113,80	s
Volumen desarenador	1746,28	Litros
Volumen desarenador	1,75	m3
Área superficial	1,75	m2
Ancho	<b>2,90</b>	<b>m</b>
Largo	<b>1,00</b>	<b>m</b>
Vh	0,53	cm/s
Vo	0,88	cm/s
Vs	0,88	cm/s
Vr	4,36	cm/s

**Tabla 8.11.** Diseño del desarenador.

Fuente. Propia.

De acuerdo al dimensionamiento anterior, para el desarenador se requiere un volumen de 1.75 m³ y un área superficial de 1.75 m² para sedimentar partículas de hasta 0.011 cm de diámetro. A partir de las dimensiones del desarenador disponibles, se evidencia que se cumple con los requerimientos mínimos para garantizar el funcionamiento de esta estructura.

## 8.8. Dimensionamiento campo de infiltración lluvias.

El rebose de los tanques de agua fría y de recirculación de aguas lluvias se conectan a cajas de aguas pluviales, las cuales a su vez se dirigen hacia campos de infiltración. Para el diseño del campo de infiltración se tuvieron en cuenta los parámetros definidos en el Título E del Reglamento de Agua y Saneamiento (RAS). Para determinar la Tasa de infiltración en (mm/hora) se tomaron datos de infiltración del suelo, los cuales se obtuvieron de un ensayo realizado en campo.

Lectura	Hora final	Lectura inicial (cm)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura de achique (cm)	Lectura parcial (mm)	Lámina acumulada (mm)	Infiltración instantánea (mm/min)	Infiltración instantánea (mm/hora)
1	9:50 a.m	5,00	0	0	35,00	50,00	50,00	0	0
2	9:51 a.m	5,00	1	1	30,00	50,00	100,00	50,00	3000,00
3	9:52 a.m	3,00	1	2	27,00	30,00	130,00	30,00	1800,00
4	9:53 a.m	2,00	1	3	25,00	20,00	150,00	20,00	1200,00
5	9:54 a.m	2,00	1	4	23,00	20,00	170,00	20,00	1200,00
6	9:55 a.m	2,00	1	5	21,00	20,00	190,00	20,00	1200,00
7	10:05 a.m	11,00	10	15	10,00	110,00	300,00	11,00	660,00
8	10:25 a.m	10,00	20	35	0,00	100,00	400,00	5,00	300,00
<b>Tasa de infiltración (mm/hora):</b>									<b>1170,00</b>

**Tabla 8.12.** Tasa de infiltración.

Fuente. Propia.

De acuerdo a la Tasa de infiltración se determinó un campo de infiltración de 6 zanjas con tubería de 4 pulgadas, para cubrir un área total de campo de infiltración de 125.91 metros cuadrados, la cual tendrá una capacidad de distribuir 0.0153 metros cúbicos por segundo.

CAMPO DE INFILTRACIÓN		
Caudal a distribuir	0,0153	m3/s
Coefficiente de permeabilidad	0,000325	m/s
Lado 1 de absorción efectiva	0,75	m
Lado 2 de absorción efectiva	0,5	m
Área de absorción efectiva	0,375	m
Área del campo de infiltración	125,91	m2
Longitud de la zanja	28	m
Número de zanjas	6,00	und
Distancia entre zanjas	1	m
Pendiente	0,5	%
Tubería	0,10	m

**Tabla 8.13.** Diseño de campos de infiltración.

Fuente. Propia.

## 9. DIMENSIONAMIENTO RED CONTRA INCENDIO

### 9.1. Red de protección contra incendio.

El diseño de una red contra incendio comprende un procedimiento de análisis detallado para evaluar factores fundamentales como nivel de riesgo de las instalaciones, volumen de almacenamiento de agua para la red, caudal mínimo de suministro, presión residual y duración del suministro. Este análisis implica un ejercicio de ingeniería que involucra conocimientos del comportamiento hidráulico del flujo a presión, modelación matemática, dimensionamiento de elementos que componen la red y detalles específicos que garanticen que el sistema propuesto ofrece los requisitos mínimos necesarios para combatir un incendio.

El diseño que se presenta a continuación comprende todos los análisis, cálculos y criterios adoptados para el desarrollo de la red contra incendio del proyecto. Inicialmente se presentan los conceptos fundamentales de la normatividad aplicable que sirve como guía técnica para el desarrollo de los diseños a nivel conceptual. Posteriormente se ilustra la metodología seguida para la conceptualización del diseño, la clasificación del nivel de riesgo de las instalaciones y el planteamiento de la red.

### 9.2. Clasificación de riesgo.

Para la definición del tipo de protección contra incendios del proyecto se realizó una evaluación del riesgo según su ocupación y ésta se define por medio de la normativa existente en Colombia: NTC1669, la NSR-10 y las normas NFPA.(NSR-10 K, 2010.)

Este proyecto presenta los siguientes tipos de uso:

- Tipo de uso específico Comercial, correspondiente a una clasificación según el grupo de ocupación Comercial-Servicios (C-1) según NSR-10.

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección
<b>A</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
<b>C</b>	<b>COMERCIAL</b>	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
<b>E</b>	<b>ESPECIALES</b>	K.2.4
<b>F</b>	<b>FABRIL E INDUSTRIAL</b>	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
<b>I</b>	<b>INSTITUCIONAL</b>	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
<b>L</b>	<b>LUGARES DE REUNIÓN</b>	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
<b>M</b>	<b>MIXTO Y OTROS</b>	K.2.8
<b>P</b>	<b>ALTA PELIGROSIDAD</b>	K.2.9
<b>R</b>	<b>RESIDENCIAL</b>	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
<b>T</b>	<b>TEMPORAL</b>	K.2.11

Tabla 9.1 Grupos y subgrupos de ocupación.

Fuente. NSR-10, tabla J.1.1-1-1.

K.2.3.2 – SUBGRUPO DE OCUPACIÓN COMERCIAL, SERVICIOS (C-1) – En el Subgrupo de Ocupación Comercial, Servicios (C-1) se clasifican las edificaciones o espacios en donde se realizan transacciones y se ofrecen servicios profesionales o comerciales, que incidentalmente involucren el almacenamiento de pequeñas cantidades de bienes para el funcionamiento y oferta de dichos servicios. En la Tabla K.2.3-1 se presenta una lista indicativa de edificaciones o espacios que deben clasificarse en el Subgrupo de Ocupación (C-1)



Bancos
Consultorios
Salas de belleza y afines
Aseguradoras
Oficinas
Edificaciones administrativas
Otros similares

**Tabla 9.2** Tabla subgrupos de ocupación comercial servicios.  
Fuente. NSR-10, tablas K.2.3.1.

Por lo cual se debe proteger esta edificación según los lineamientos del título J de la NSR-10 y sus decretos modificatorios 092 del 17 de enero de 2011 y 0340 del 13 de febrero de 2012 para este tipo de edificación.

Según último decreto modificatorio del 13 de febrero de 2012:

J.4.3.2.2 — Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios — Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación C (Comercial) debe estar protegida por un sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y con el Código para Instalación de Sistemas de Tuberías Verticales y Mangueras, NFPA 14.

J.4.3.2.3 — Extintores de fuego portátiles — Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación C (Comercial) debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma Extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y con la Norma de Extintores de fuego Portátiles, NFPA 10.

CONSIDERACIONES INICIALES DEL USO	
Variable	Valor
Uso general	Habitacional
Uso específico	Edificaciones administrativas
Clasificación	C-1

**Tabla 9.3** Evaluación del riesgo para proyección del sistema contra incendios.  
Fuente. Propia

REQUERIMIENTOS CONTRA INCENDIOS	
Rociadores automáticos	NO
Tomas fijas para bomberos	SÍ
Extintores portátiles	SÍ

**Tabla 9.4** Requerimientos del sistema de protección contra incendios.  
Fuente. Propia

Debido a que, dentro del alcance de esta consultoría no se tenía la evaluación de una red contra incendio, esta no se plantea dentro del proyecto, sin embargo, para dar seguridad a la edificación, se planean extintores de acuerdo con la clasificación de los espacios, por lo que esto se deberá revisar a detalle, en caso de su aplicabilidad al proyecto.

### 9.3. Sistemas de extintores portátiles.

Debido a las características particulares del proyecto, se recomienda la instalación de extintores portátiles, siguiendo los lineamientos del estándar NFPA 10, cuyos aspectos de mayor importancia se mencionan a continuación.

### 9.3.1. Generalidades del estándar NFPA 10.

#### Clasificación y desempeño de extintores de fuego.

Los extintores de fuego portátiles se clasifican según su uso en ciertas clases de incendio y según su efectividad relativa de extinción a una temperatura de 70°F (21°C) bajo pruebas de laboratorios. Esto se encuentra basado en la clasificación predecesora de incendios y los potenciales de extinción de fuego determinados en pruebas.

La clasificación descrita en el estándar NFPA 10 se encuentra referenciada a la definida por Underwriters Laboratories Inc. Y Underwriters Laboratories of Canada y está basada en la extinción de incendios pre-planeados de determinado tamaño y descritos como siguen:

- Clase A: Madera y virutas.
- Clase B: Incendios de heptano en contenedores cuadrados de dos pulgadas (5.1 cm) de profundidad.
- Clase C: Sin prueba de incendio. El agente debe ser un no-conductor de electricidad.
- Clase D: Pruebas especiales en incendios de metales combustibles específicos.
- Clase K: Pruebas especiales en electrodomésticos de cocina que utilizan medios combustibles (aceites de origen vegetal o animal, grasas).

Los sistemas portátiles de extinción de incendio que se utilizarán en la DECAU-MEPOY, para cumplir con el estándar NFPA 10, deberán estar listados y etiquetados. Adicionalmente, deberán cumplir o exceder todos los requerimientos de una de los estándares de pruebas de incendios y uno de los estándares de desempeño que se listan a continuación:

- Estándares de pruebas de incendio

ANSI/UL 711

CAN/ULC-S508-M90

- Estándares de desempeño:

Tipo dióxido de carbono: ANSI/UL 154, CAN/ULC-S503-M90

Tipo polvo químico seco: ANSI/UL299, CAN/ULC-S504-M86

Tipo agua: ANSI/UL 626, CAN/ULC-S507-92

Tipo halón: ANSI/UL 1094, CAN/ULC-S512-M87

Tipo espuma: ANSI/UL 8.

La identificación del listado y etiquetado, pruebas y estándar de desempeño que el extintor de incendio alcanza o excede deben ser claramente marcados en cada uno de los extintores.

### 9.3.2. Clasificación del riesgo.

Siguiendo la NFPA 10, la clasificación del riesgo para consideración de sistemas portátiles contra incendio se presenta a continuación:

#### Riesgo bajo (ligero)

Se consideran como ocupaciones de riesgo bajo la instalación con una cantidad total de materiales combustibles clase A (incluyendo mobiliario y decoración) baja. Esta clasificación incluye algunos edificios o cuartos que funcionan como oficinas, salones de clase, iglesias, salones de comités, etc. Esta clasificación anticipa que la mayoría de contenido es no-combustible o que está organizada de tal forma que un incendio no es probable de extenderse rápidamente. También se tiene en cuenta en esta clasificación que existen pequeñas cantidades de materiales inflamables clase B utilizados en fotocopadoras, departamentos de arte, etc. pero que se encuentran en contenedores cerrados y almacenados de manera segura.

#### Riesgo moderado (ordinario)

Las ocupaciones de riesgo ordinario son instalaciones donde la totalidad de material combustible Clase A y material inflamable Clase B están presentes en cantidades mayores que las esperadas bajo condiciones de riesgo bajo o ligero. Estas ocupaciones pueden ser áreas de comidas, almacenes mercantiles, manufactura ligera, operaciones de investigación, garajes, etc.

#### Riesgo alto (Extra)

Las ocupaciones de riesgo alto son instalaciones donde la cantidad total de materiales combustibles Clase A y materiales inflamables Clase B presentes, en almacenamiento, producción, uso o como producto terminado, está por encima de los esperados en una instalación de riesgo moderado. Estas ocupaciones pueden consistir en carpinterías, reparación de vehículos, servicio para aeronaves y botes, zonas de cocina, procesos de almacenamiento y manufactura de pintura, abrigos, líquidos inflamables, etc.

### 9.3.3. Requerimientos Generales.

El sistema de extintores portátiles del proyecto deberá cumplir con los requerimientos generales establecidos en la NFPA 10. En este sentido, la clasificación de extintores de incendio deberá consistir en una carta que indique la clase de incendio en la cual el extintor se encontrará que es efectivo para su control, precedido por un número de clasificación (solo para Clase A y Clase B) que indique su efectividad relativa de extinción.

Igualmente, el sistema portátil de extinción debe mantenerse cargado y en condiciones para operar. Debe permanecer en su lugar designado en todo momento cuando no estén en uso. Su localización debe garantizar su acceso rápido y disponibilidad inmediata en un evento de incendio. Preferiblemente deben localizarse a lo largo de corredores, incluyendo las salidas de las áreas.

- Soda-ácido.
- Espuma química.
- Líquido vaporizador (e.g. Cloruro de carbono).
- Agua operada por cartucho.
- Carcasas de cobre o latón unidas por soldaduras blandas o remaches.

Los extintores portátiles deberán ser instalados de manera segura en el gancho o soporte suministrado o localizado en el gabinete o recesos de los muros. El gancho o soporte deberá estar anclado de manera segura y apropiada en la superficie de soporte de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Si existe riesgo de desplazamiento deberán instalarse soportes específicos para subsanar este problema. Igualmente, si se presume riesgo de daño físico al extintor (e.g. impactos, vibraciones, ambiente) deberá protegerse de manera adecuada.

Los extintores que tengan un peso bruto que no exceda 40 lb (18.14 kg) deberán instalarse de tal forma que la parte superior del extintor no esté a más de 5 ft (1.53 m) del nivel del piso. En el caso de extintores con un peso bruto de más de 40 lb (18.14 kg) deberán instalarse de tal forma que la parte superior del extintor no esté a más de 3½ ft (1.07 m) del nivel del piso. En ningún caso la distancia libre entre la parte inferior del extintor y el piso deberá ser menor que 4 in (10.2 cm). Las instrucciones de operación deberán localizarse al frente del extintor y deben ser claramente visibles. Las etiquetas de sistema de identificación de peligrosidad de materiales, mantenimiento de seis años, test hidráulicos y otras etiquetas no deberán localizarse al frente del extintor. Los extintores de tipo agua (e.g. agua, AFFF, FFFP) no deberán instalarse en áreas donde las temperaturas estén por fuera del rango 40°F a 120°F (4°C a 49°C). El extintor de incendio no deberá exponerse por fuera del rango de temperatura mostrado en la etiqueta.

### 9.3.4. Identificación de contenido.

Todo extintor deberá tener una etiqueta o indicador adherido que provea la siguiente información:

- El nombre del contenido del producto tal como aparece en las indicaciones del fabricante.
- Lista de la identificación de peligrosidad de material de acuerdo con el sistema HMIS.
- Lista de cualquier material que esté en exceso de 1% de contenido.
- Información de qué es peligroso acerca del agente de acuerdo con la hoja de datos de seguridad.
- Nombre de la agencia fabricante, correo, dirección y número telefónico.

### 9.3.5. Selección de extintores de incendio.

Según el estándar NFPA 10, la selección de extintores de incendio para una situación dada deberá ser determinada por las características anticipadas del incendio, la construcción y ocupación de la instalación, además de factores ambientales, temperatura y zonas a proteger. El uso de agentes halogenados de extinción de incendio debe limitarse a la aplicación en donde es necesario el uso de agentes limpios para extinguir eficientemente un incendio sin dañar el equipo o el área a ser protegida.

Los extintores con ruedas deberán considerarse para protección en donde sea necesario cubrir alguno de estos requerimientos:

- Flujo elevado de agente.
- Áreas de riesgo alto.
- Capacidad elevada de agente.

### 9.3.6. Selección por nivel de riesgo.

Los extintores de incendio deberán seleccionarse según la clasificación de riesgo expuesta en este apartado.

Para riesgo Clase A deberán seleccionarse:

- Tipo agua
- Tipo agente halogenado (siguiendo la aclaración anteriormente realizada en este numeral)
- Tipo multipropósito químico seco
- Tipo químico húmedo

Para riesgo Clase B deberán seleccionarse:

- Película de espuma acuosa (AFFF)
- Película de espuma fluoroproteínica (FFFP)
- Dióxido de carbono
- Tipo químico seco
- Tipo agente halogenado (siguiendo la aclaración anteriormente realizada en este numeral)

Para riesgo Clase C deberán seleccionarse de los tipos que son específicamente indicados para este tipo de peligro. Según la NFPA 10, los extintores de dióxido de carbono equipados con fragmentos de metal no se consideran seguros para su uso en equipos eléctricos energizados y por lo tanto no se clasifican para su uso en riesgo Clase C. Para riesgo Clase D deberán seleccionarse de los tipos aprobados para uso específico en peligro de metales combustibles. Finalmente, para protección de riesgo Clase K deberán seleccionarse extintores de tipo químico seco o químico húmedo.

### 9.3.7. Distribución de extintores.

Para el proyecto se han seguido los lineamientos especificados en el estándar NFPA 10 para determinar el número mínimo de extintores requeridos en las diferentes instalaciones. Frecuentemente, se instalan extintores adicionales para proveer una protección más adecuada dependiendo de las particularidades de la instalación. Los extintores portátiles de incendio deben suministrarse tanto para la protección de la estructura de la edificación como del nivel de riesgo de ocupación con relación a su contenido.

En este sentido, para la protección requerida del proyecto se deberán instalar extintores adecuados para el control de incendios Clase A, mientras que, dependiendo de la clasificación de riesgo asociada a su ocupación, deberán instalarse extintores adecuados para riesgo Clase A, B, C, D o K según sea el caso. En este sentido, las edificaciones con riesgo Clase B o Clase C, o ambas, deberán estar provista de un complemento estándar de extintores Clase A para la protección de la edificación además de extintores adicionales Clase B o Clase C. En cada uno de los pisos de las instalaciones del proyecto el área protegida y la distancia de viaje deberán estar basadas en los lineamientos de la NFPA 10 que se explican en este numeral.

### 9.3.8. Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase A.

El tamaño mínimo de los extintores para los diferentes grados de riesgo deberá estar en concordancia con la siguiente tabla:

	Riesgo bajo	Riesgo moderado	Riesgo Alto
Característica de extintor simple	2-A	2-A	4-A
Máxima área por unidad de A	278.7 m <sup>2</sup>	139.4 m <sup>2</sup>	92.9 m <sup>2</sup>
Máxima área por extintor	1045 m <sup>2</sup>	1045 m <sup>2</sup>	1045 m <sup>2</sup>
Máxima distancia de viaje	22.7 m	22.7 m	22.7 m

**Tabla 9.5 .** Tamaño y localización de extintores para riesgo Clase A.

**Fuente.** NFPA 10.

Para mayor claridad acerca de la nomenclatura utilizada, en la Tabla 9.6 se presenta su equivalencia en términos de capacidad.

Extintor tipo agua y de chorro (gal)	Equivalencia
1 ¼ a 1 ¾	1-A
2 ½	2-A
4	3-A
5	4-A
17	10-A
33	20-A

**Tabla 9.6 .** Equivalencia en nomenclatura Clase A.  
**Fuente.** NFPA 10.

La distancia de viaje se define como la distancia que se requiere caminar desde cualquier punto hasta el extintor más cercano. En los casos en que el área de la edificación sea menor que la que se especifica en la Tabla 9.7, por lo menos un extintor del tamaño mínimo recomendado debe instalarse.

### 9.3.9. Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase B.

Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase B exceptuando incendios por líquidos inflamables de profundidad apreciable.

El tamaño mínimo de los extintores según el grado de riesgo y las distancias de viaje máximas deberán seguir las especificaciones de la Tabla 9.7

Tipo de riesgo	Riesgo bajo	Distancia de viaje máxima (m)
Bajo (Liviano)	5-B	9.15
	10-B	15.25
Moderado (Ordinario)	10-B	9.15
	20-B	19.25
Alto (Extra)	40-B	9.15
	80-B	15.25

**Tabla 9.7 .** Tamaño y localización de extintores para riesgo Clase B.  
**Fuente.** NFPA 10.

Para mayor claridad acerca de la nomenclatura utilizada, en la tabla 9.7 se presenta su equivalencia en términos de capacidad.

Tipo de Extintor	Equivalencia
<i>Espuma (gal)</i>	
2 ½	2-B
5	5-B
17	10-B
33	20-B
<i>Dióxido de Carbono(lb)</i>	
Menor a 7	1-B
7	2-B
10 a 12	2-B
15 a 20	2-B
25 a 26	5-B
50	10-B
75	10-B
100	10-B
<i>Químico seco (lb)</i>	
4 a 6 ¼	2-B
7½	5-B
10 a 15	5-B
20	10-B
30	20-B
75 o más	40-B

**Tabla 9.8 .** Equivalencia en nomenclatura Clase B.  
**Fuente.** NFPA 10.

Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase B en incendios por líquidos inflamables de profundidad apreciable Siguiendo las especificaciones de la NFPA 10, los extintores portátiles no deberán instalarse como protección única para riesgo por líquidos inflamables de profundidad apreciable donde el área exceda 0.93 m<sup>2</sup>, excepto en los casos en

que personal entrenado para el control de incendios esté disponible en la zona, la superficie de área máxima no deberá exceder 1.86 m<sup>2</sup>.

Para peligro por líquidos inflamables de profundidad apreciable, debe proveerse un extintor clase B con la base de por lo menos dos unidades numéricas del potencial extintor de Clase B por ft<sup>2</sup> de superficie de líquido inflamable en el área de riesgo más grande. La distancia de viaje para extintores portátiles no debe exceder 15.25 m. Los extintores en proximidades de un riesgo deben estar cuidadosamente localizados para ser accesibles en presencia de un incendio sin representar peligro para el operador.

#### **9.3.10. Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase C.**

Los extintores con características clase C deberán instalarse donde se encuentre equipo eléctrico energizado que requiera un medio extintor no conductor. Este requerimiento incluye situaciones donde el incendio pueda envolver o rodear el equipo eléctrico.

#### **Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase D**

Los extintores o agentes extintores con clasificación D deberán proveerse para incendios que involucren metales combustibles. Deberán localizarse a una distancia de viaje no mayor a 23 m del riesgo Clase D. Este tipo de extintores portátiles o agentes extintores deberán instalarse en las zonas de trabajo donde se generen metales combustibles, hojuelas, viruta, etc. El tamaño del extintor dependerá del metal combustible específico, su tamaño de partícula, área a cubrir y recomendaciones del fabricante del extintor teniendo como referencia datos de test de control.

#### **Tamaño de extintores y localización para riesgo Clase K**

Deberán instalarse extintores en zonas de peligro por incendios potenciales que involucren combustible para cocina (aceites o grasas vegetales o animales). La distancia de viaje máxima no debe exceder 9.15 m desde la zona de peligro hasta el extintor.

#### **9.3.11. Inspección, mantenimiento y recarga.**

Los procedimientos para inspección, mantenimiento y recarga del sistema de extintores portátiles para el proyecto deberán realizarse de acuerdo con el capítulo 4 de la NFPA 10, en la cual se exponen los elementos esenciales y procedimientos estándar para el desarrollo de estas actividades. Igualmente, el capítulo 5 de la NFPA 10 establece los procedimientos para test hidrostáticos que el proyecto deberá realizar para el sistema bajo las frecuencias y especificaciones ahí contenidas.

#### **9.3.12. Elementos explicativos adicionales.**

Muchos incendios son pequeños en su origen y pueden ser extinguidos mediante el uso de extintores portátiles apropiados. De cualquier forma, es altamente recomendable que tan pronto como el incendio sea descubierto se notifique al departamento de bomberos. Esta alarma no debe demorarse por la espera de resultados de la aplicación de extintores portátiles.

Los extintores pueden representar un importante segmento de cualquier programa de protección contra incendio. De cualquier forma, su funcionamiento exitoso depende de las siguientes condiciones básicas:

- El extintor está localizado apropiadamente y funciona correctamente.
- El extintor es del tipo correcto para un incendio que pueda ocurrir.
- El incendio es descubierto mientras que aún es de un tamaño lo suficientemente pequeño como para que el extintor sea efectivo.
- El incendio es descubierto por una persona preparada y capacitada para usar el extintor.

El ocupante de la propiedad en la cual se localizan los extintores tiene una obligación por el cuidado y uso de estos elementos en todo momento. La placa de identificación y el manual de instrucciones deben ser leídos y entendidos por todas las personas que se espera puedan llegar a usar los extintores.

### 9.3.13. Condiciones de selección.

#### Condiciones físicas que afectan la selección.

- **Peso bruto:** En la selección de un extintor de incendio, la habilidad física del usuario debe ser contemplada. Cuando el riesgo excede la capacidad de un sistema portátil de mano, deberán considerarse extintores con ruedas o sistemas fijos.
- **Corrosión:** En algunas instalaciones para extintores, existe la posibilidad de exposición del extintor a una atmósfera corrosiva. Cuando este es el caso, deberá proveerse protección contra estos agentes corrosivos.
- **Agente reactivo:** Posibilidad de reacciones adversas, contaminación u otros efectos de un agente extintor que pueda generar sobre procesos de manufactura y/o equipos.
- **Unidades en ruedas:** En los casos en que se consideren extintores portátiles sobre ruedas, deberá considerarse la movilidad de estos extintores en el área a ser usados. Para zonas exteriores, el tipo de ruedas deberá ser consecuente con el tipo de terreno. Igualmente, para zonas interiores debe tenerse en cuenta el tamaño de las puertas y corredores para permitir el paso del extintor de incendio.
- **Viento y corrientes:** Si el peligro es sujeto de viento o corrientes, el uso de los extintores y agentes deberán tener suficiente rango para superar estas condiciones.
- **Personal disponible:** Debe también tenerse en cuenta la cantidad de personal disponible para operar los extintores, el grado de entrenamiento y las capacidades físicas de los operadores.

#### Condiciones de seguridad y salud que afectan la selección.

Cuando un extintor es seleccionado, deben considerarse los riesgos de seguridad y salud involucrados en su mantenimiento y uso, tal como se describe a continuación:

- En espacios confinados, deben tomarse medidas especiales relacionadas con etiquetas de precaución sobre el extintor de incendio, signos de precaución en puntos de entrada, provisión para aplicación remota, boquillas de rango extra-largas, ventilación especial, provisión de aparatos para respiración y otros elementos protectores, y entrenamiento adecuado del personal.
- Los extintores de tipo halogenado contienen agentes cuyos vapores tienen una baja toxicidad. De cualquier forma, los productos de su descomposición pueden ser peligrosos. Cuando se utilizan estos tipos de extintores en lugares poco ventilados, tales como cuartos pequeños, closets, vehículos, etc., los operadores y el resto de personal deben evitar respirar los gases producidos por descomposición térmica del agente.
- Los extintores de dióxido de carbono contienen un agente extintor que no garantiza vida cuando se utiliza en una concentración suficiente para extinguir un incendio. El uso de este tipo de extintores en un espacio poco ventilado puede diluir el suministro de oxígeno. La ocupación prolongada de dichos espacios puede resultar en pérdida de la conciencia debido a deficiencia de oxígeno.
- Los extintores que no están clasificados como de riesgo Clase C (e.g. Agua, AFFF, FFFP, agente húmedo, espuma y dióxido de carbono con partículas metálicas) presentan un riesgo de choque si se utilizan en incendios que involucran equipo eléctrico energizado.
- Los extintores de químico seco, cuando se utilizan en un área pequeña poco ventilada, pueden reducir la visibilidad por un periodo de hasta varios minutos. Igualmente, el químico seco descargado en un área puede obstruir los filtros en sistemas de aire libre.
- Un extintor de químico seco que contiene componentes de amonio no deberá ser utilizado sobre oxidantes que contienen cloro. La reacción entre el oxidante y las sales de amonio pueden producir un compuesto explosivo (NCL3).
- Extintores de halón no deben ser usados en incendios que involucren oxidantes, dado que puede reaccionar con el oxidante.



- La mayoría de incendios produce productos tóxicos de descomposición, y algunos materiales pueden producir gases tóxicos. Los incendios también pueden consumir el oxígeno disponible o producir exposición altamente peligrosa a radiación calórica. Todo esto puede afectar el grado en el que un incendio puede ser abordado de manera segura.

#### **Condiciones especiales para extintores y agentes extintores de riesgo Clase D.**

Las reacciones químicas de metales ardientes y varios agentes extintores (incluyendo agua) pueden variar desde explosiones hasta ningún tipo de reacción, dependiendo en parte del tipo, forma y cantidad de metal involucrado. En general, los peligros de un incendio por metales se incrementan significativamente cuando tales agentes extintores se aplican

Siguiendo el estándar NFPA 10, los agentes y extintores clasificados para riesgo Clase D son de tipo especializado y su uso generalmente involucra técnicas especiales para un metal combustible especial. Esto quiere decir que un agente dado no necesariamente controla o extingue todos los incendios por metales. Algunos agentes son eficaces para combatir el incendio con varios metales, otros son útiles en combinación con un único tipo de incendio por metal. En este sentido, se recomienda la evaluación con su personal técnico especializado de los detalles de los diferentes procesos que llevarán a cabo para evaluar la posibilidad de riesgo de incendio por metales para revisar el agente extintor más adecuado siguiendo los elementos conceptuales que se han indicado en esta consultoría. Igualmente, ciertos metales combustibles y químicos reactivos requieren agentes extintores o técnicas especiales. Si se presenta algún tipo de duda, deberán consultarse los estándares la NFPA haciendo referencia a la NFPA 49 Datos de químicos peligroso o NFPA 325 Guía de peligrosidad de líquidos inflamables, gases y sólidos volátiles.

De la misma manera, debe referenciarse directamente a las recomendaciones del fabricante para el uso y técnicas especiales para extinguir incendios de varios metales combustibles. También deberá tenerse en cuenta que pueden ocurrir incendios de alta intensidad en ciertos metales. La ignición generalmente es el resultado de calor friccional, exposición a humedad o exposición a fuego de un incendio de otro material combustible. El riesgo más alto se presenta cuando estos metales se encuentran en estado fundido, polvo o virutas.

#### **9.3.14. Tamaño y localización de extintores para medios de cocina (aceites o grasas vegetales o animales).**

Tradicionalmente, los extintores para medios de cocina (aceites y grasas animales y vegetales) siguen los parámetros para riesgo alto (extra), requiriendo, así como mínimo, una especificación 40-B de agente químico seco de bicarbonato de sodio o bicarbonato de potasio. La evolución de aparatos domésticos más eficientes para cocina y el cambio a aceites vegetales más calientes y ardientes ha creado un riesgo de incendio más severo. Las pruebas han mostrado que los extintores de químico húmedo en muchas ocasiones tienen capacidad para extinción de incendio en cocina con definición 40-B de bicarbonato de sodio o agente químico seco de bicarbonato de potasio. Esto ha ocasionado la creación de una nueva clasificación y una nueva lista de protocolo.

Bajo condiciones de descarga con todos los aparatos para control de flujo del agente extintor continuamente mantenido en la posición de máxima descarga, un extintor deberá realizar lo siguiente:

- Mantener la llama en el freidor para ser completamente extinguido.
- Prevenir re-ignición del aceite vegetal por 20 minutos o hasta que la temperatura del aceite vegetal disminuya por lo menos a 15.6°C, por debajo de la temperatura de autoignición.
- No debe ocasionar esparcimiento de aceite en llamas fuera de la freidora.

Para que el extintor sea elegible para combatir este tipo de incendios, deberá demostrarse que cumple con los requisitos especificados anteriormente en varias pruebas consecutivas. Las pruebas deben desarrollarse con el extintor condicionado a 21°C ± 0.2°C y el extintor adecuado a su máxima temperatura de operación. Si se requiere mayor información acerca de los métodos de prueba, se podrá consultar en el Anexo A de la NFPA 10.

#### **Consideraciones de distribución**

Los siguientes son aspectos que afectan la distribución de los sistemas portátiles de extinción de incendio:

- Área y organización de las condiciones de la edificación.
- Severidad del riesgo.
- Clases de incendio anticipados.



- Otros sistemas o aparatos de protección.
- Distancia de viaje para alcanzar los extintores.

**Adicionalmente, los siguientes factores deben considerarse:**

- Tasa de disipación anticipada del incendio.
- Intensidad y tasa de desarrollo de calor.
- Humo producido por los materiales.

**Accesibilidad al fuego para estar lo suficientemente cerca con extintores portátiles.**

Los extintores sobre ruedas tienen agente y rango adicionales y deben considerarse para áreas donde se requiera protección adicional. Los extintores ofrecen a los ocupantes un medio de asistencia en evacuación de una edificación, de tal forma que son útiles para controlar el fuego si este ocurre a lo largo de la ruta de evacuación.

Si varios extintores intencionados para diferentes clases de incendio se encuentran agrupados, su uso deberá marcarse claramente con el objetivo de direccionar su selección adecuada en el momento de un incendio. En una emergencia, la tendencia es tomar el extintor más cercano. Si el extintor más cercano es de tipo equivocado, el usuario puede ponerse a sí mismo en riesgo.

A manera de resumen, a continuación, se sintetiza la información sobre los agentes extintores básicos tratados en esta memoria técnica.

**• Agua**

La principal característica del agua como agente extintor es su gran capacidad para absorber calor. También se caracteriza porque el vapor producido (a razón de 1700 litros de vapor por cada litro de agua) es más pesado que el aire por lo cual lo desplaza produciendo un efecto de sofocación.

**Ventajas**

- Gran poder de absorción de calor.
- Al evaporarse aumenta 1700 veces de volumen.
- El vapor desplaza el aire por ser más pesado.

**Desventajas**

- Reacciona con ciertos metales como el aluminio y magnesio liberando gases inflamables.
- Conduce la electricidad.
- Su densidad impide su utilización en líquidos más livianos.

En este sentido, se determina que el agua es un agente eficaz para riesgos Clase A. Mediante técnicas especiales se pueden utilizar en riesgos Clase B y que su uso es ineficaz o peligroso en incendios de clase C y D.

**• Dióxido de carbono**

Su principal efecto extintor es de sofocación ya que es más pesado que el aire y lo desplaza, si bien al utilizarlo se aprecia la baja temperatura a la que es expulsado su efecto real de enfriamiento es pobre.

**Ventajas**

- Pesa 1,5 veces más que el aire por lo que lo desplaza.
- Es incombustible.
- No reacciona con la mayoría de las sustancias.
- No es conductor de la energía eléctrica.
- No deja residuos, no moja, no corroe y no humedece.

**Desventajas**

- Debido a que desplaza el aire no se puede usar en materiales que contengan oxígeno.
- No es indicado para incendios de Clase A, si bien los extingue deja brasas con peligro de reignición.



- No es práctico en lugares abiertos o muy ventilados.
- Si bien no es venenoso, como desplaza el aire es asfixiante.
- No es útil para incendios de Clase D porque no extingue ciertos metales y reacciona con otros.

#### • Polvo químico seco

Actualmente se utilizan dos tipos de Polvo Químico Seco (PQS). El primero es bi-clase o efectivo para los incendios de tipo B y C y otro más general tri-clase efectivo para los incendios de clase A, B y C. Su principal efecto extintor se refiere a inhibir las reacciones químicas en cadena. De esta forma el Polvo Químico Seco triclase (ABC) o antibrasa es el más usado en la actualidad ya que es totalmente polivalente, mientras que el Polvo Químico Seco bi-clase (BC) se utiliza exclusivamente para riesgos de Clase B y C debido a sus características especiales.

##### Ventajas

- Baja reactividad con otros materiales.
- No es tóxico.

##### Desventajas

- Requiere presurización.
- En incendios de Clase C puede ser usado hasta los 1600 v luego se funde y conduce la electricidad.
- Es corrosivo por lo cual no se aconseja su uso en equipos complejos.
- Reacciona químicamente con la espuma.
- Puede dificultar la respiración y la visión.

#### • Halón

Generalmente son derivados halogenados de hidrocarburos, en los que se han sustituido átomos por elementos halógenos, tales como: flúor, cloro, Bromo e yodo. Su principal efecto es la inhibición de la reacción química en cadena.

##### Ventajas

- Aptos para fuegos de clase a, b y c.
- Alto potencial extintor.
- No deja residuos.
- Los nuevos sustitutos no dejan residuos ni son tóxicos.

##### Desventajas

- Alto costo.
- Los halones originales dañan la capa de ozono.
- Algunos halones originales son tóxicos.

#### • Espuma Formadora de Película Acuosa (AFFF)

Las espumas consisten en una masa de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas. Dado que la espuma es más ligera que los líquidos inflamables o combustibles, flota sobre estos, produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, aísla el combustible e impide el desprendimiento de vapores con la finalidad de detener o prevenir la combustión.

##### Ventajas

- Útil para incendios de líquidos no polares.
- Útil para incendios de Clase A y B.
- Forma una película que aísla el combustible.
- Puede utilizarse para coberturas de forma preventiva.

##### Desventajas

- No sirve para líquidos polares porque estos rompen la espuma.
- No puede utilizarse para riesgo de Clase C porque conduce la electricidad.

Para el presente proyecto se recomienda el uso de extintores tipo multipropósito en zonas de circulación, extintores tipo K para las zonas de cocinetas y extintores CO2 para cuartos eléctricos de 10 Lbs c/u.

## 10. NOTAS ACLARATORIAS.

---

- De acuerdo con los requerimientos del proyecto y lo solicitado por parte de Centro de Interpretación Ambiental Cerrillo, no es necesario el diseño de redes de agua caliente.
- Debido al desconocimiento de la caracterización completa del cuerpo hídrico del cual se capta el agua, no se puede garantizar la potabilidad del mismo, por lo que se deberá revisar en obra, ya que no se encuentra dentro del alcance de esta consultoría el diseño de un sistema de potabilización.
- Debido al desconocimiento del caudal, presión y localización de la llegada a la red de agua cruda que llenará los tanques, se deberá revisar en obra la conexión al sistema de agua potable y al sistema de agua lluvia. El llenado del agua debe garantizar ser constante y no superar un tiempo de llenado de los tanques de 12 horas.

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

---

Para el desarrollo del proyecto se debe tener presente:

Se ha determinado que la red de agua fría requiere de 2 bombas tipo caracol de 0.25 HP junto con 2 hidroacumuladores de 24 litros para garantizar un suministro adecuado y constante de agua a los lavamanos y lavaplatos.

Para la recirculación de aguas lluvias, se necesitan dos bombas de 1 HP y dos hidroacumuladores de 60 litros. Estos componentes son esenciales para garantizar la adecuada distribución y presión del agua recolectada desde las cubiertas hacia los sanitarios tipo tanque, llaves de manguera y cuarto de aseo.

## 12. BIBLIOGRAFÍA.

---

- ▷▷ Sistema séptico Integrado I Rotoplast. (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://www.rotoplast.com.co/es/producto/sistema-septico-integrado>
- Capitulo J. (n.d.). *NSR-10-Capítulo J.1-Generalidades J-1*.
- Caracol | Barnes de Colombia S.A. (n.d.). Retrieved May 8, 2024, from <https://www.barnes.com.co/caracol/>
- CURVAS IDF - CURVAS IDF - IDEAM. (n.d.). Retrieved May 8, 2024, from <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>
- De La Comisión, S. (n.d.). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial Dirección del Sistema Habitacional República de Colombia COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES (Creada por la Ley 400 de 1997) NSR-10 TÍTULO K-REQUISITOS COMPLEMENTARIOS*.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias. (n.d.). Retrieved May 8, 2024, from <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-instalaciones-hidraulicas-y-sanitarias-ntc1500-2023.html>
- NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2885 EXTINTORES PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS. (2009).
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS | Minvivienda. (n.d.). Retrieved May 8, 2024, from <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras>
- Tanque de Agua Cónico 5000 Litros - Colempaques. (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from [https://colempaques.com/producto/tanque-conico-5-000-l/?attribute\\_pa\\_color=negro-2](https://colempaques.com/producto/tanque-conico-5-000-l/?attribute_pa_color=negro-2)