1. INTRODUCCIÓN

El nuevo Velódromo que hace parte del predio donde se proyecta el Parque Metropolitano Porvenir - Gibraltar, requiere de los diseños de los sistemas urbanos de drenaje sostenible - SUDS.

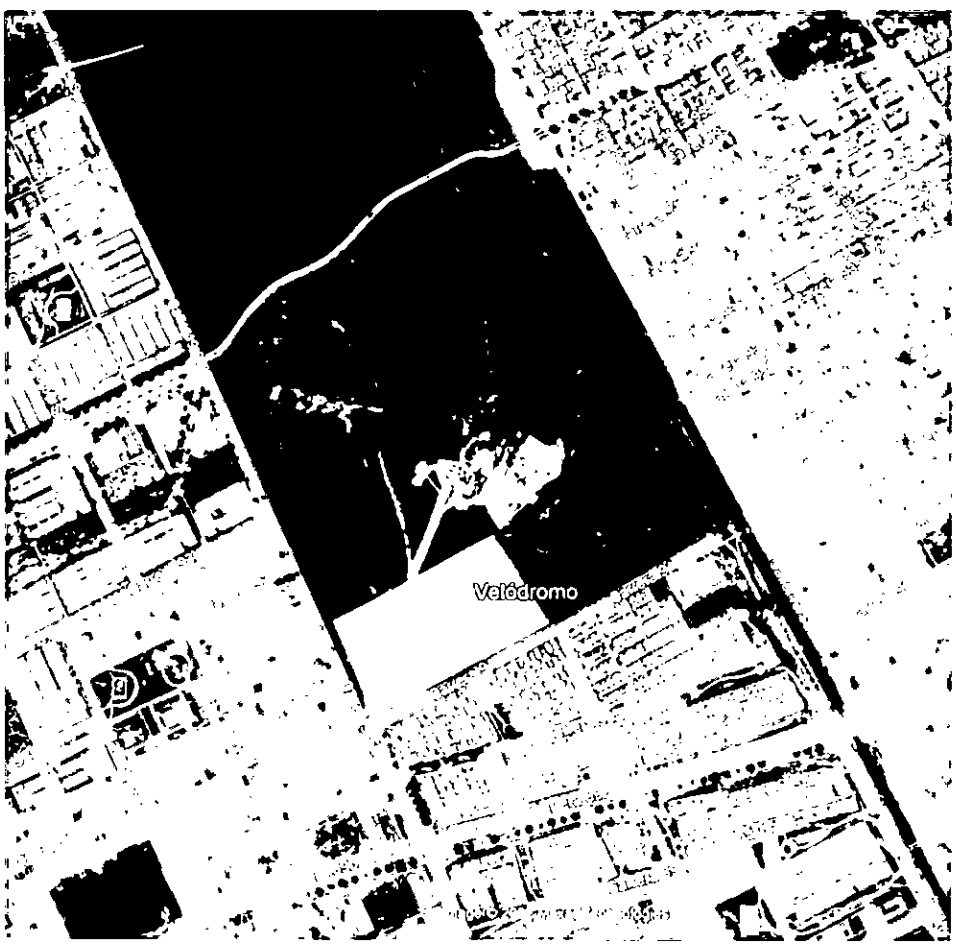
1.1 Objetivo

Realizar los diseños de los sistemas urbanos de drenaje sostenible – SUDS, para el proyecto Velódromo.

1.2 Localización general

El predio a intervenir está ubicado en la ciudad de Bogotá, dentro de la localidad 8-Kennedy. Su ubicación geográfica corresponde a las siguientes coordenadas: 4°38'29.2"N 74°10'48.8"W. En la Ilustración 1, se presenta la ubicación del proyecto.

Ilustración 1. Localización Velódromo.



Fuente: Google Earth.

1201

INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACION Y DEPORTE
Fecha de firmado: 2024.06.04 15:03:36 COT
Firmado digitalmente desde SGD-OrfeoJADE

El área destinada al nuevo Velódromo, limita al este con el canal Cundinamarca, al norte con el río Bogotá, al sur con la carrera 91, al oriente con el canal Tintal II que entrega al Canal Cundinamarca en la esquina noreste de predio y al occidente con la calle 49S.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto que se presenta a continuación, corresponde a los diseños de los sistemas urbanos de drenaje sostenible para el edificio Velódromo.

3. MARCO LEGAL

Los análisis y diseños de los sistemas urbanos de drenaje sostenible – SUDS, se desarrollarán teniendo en cuenta la normatividad que actualmente regula el sector de agua potable, saneamiento básico y ambiental y demás normas aplicables.

- Cartilla de Lineamientos para el Diseño de Parques del IDRD.
- 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.
- Norma Técnica de Servicio de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- Normatividad establecida por las entidades prestadoras de los servicios públicos y toda aquella que para tal efecto regule su ejecución.

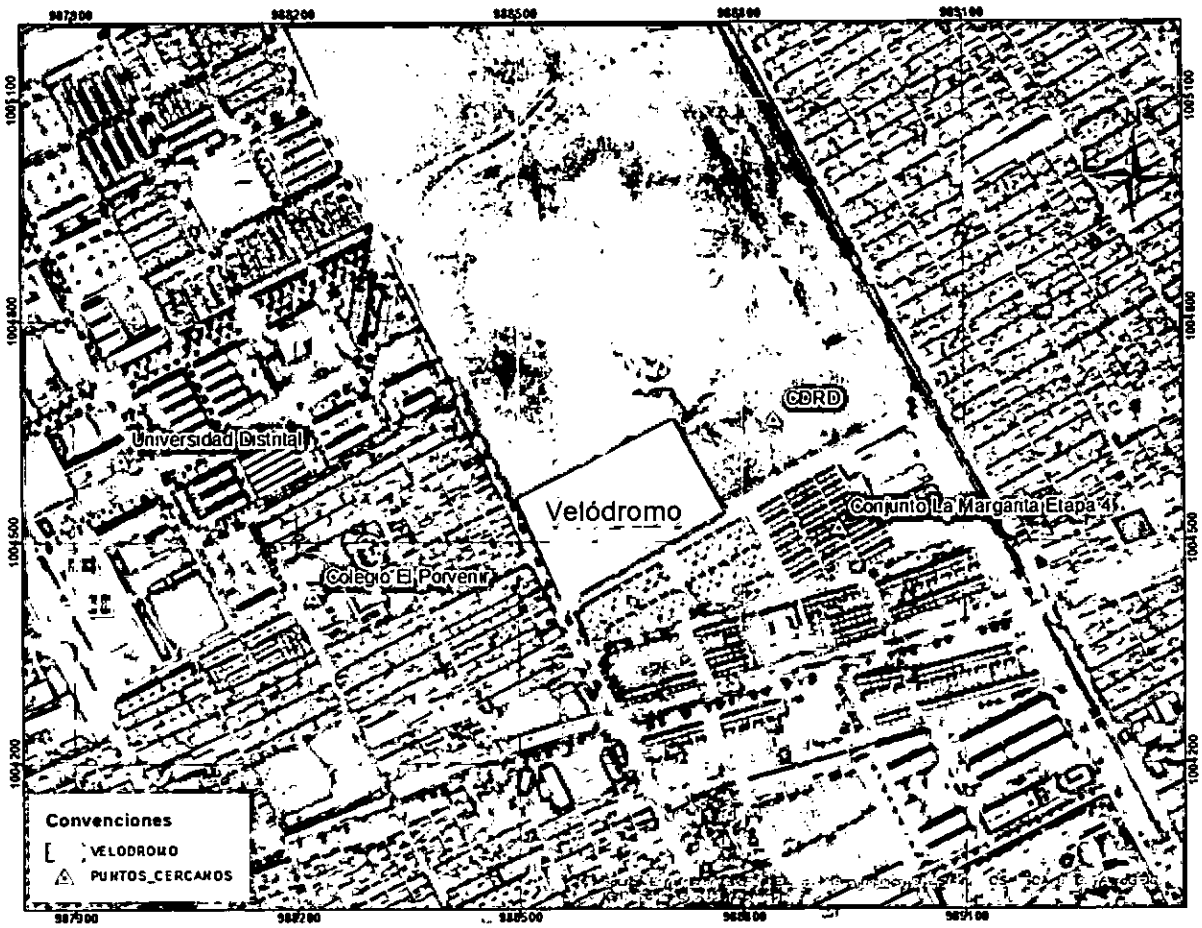
4. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJES SOSTENIBLES – SUDS

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible – SUDS, son estructuras alternativas y complementarias al sistema de drenaje convencional. El principio básico de estos sistemas, es emular de la mejor manera el régimen natural del ciclo hidrológico en una condición de predesarrollo. Los SUDS pueden mitigar el efecto de islas de calor en las ciudades, mejorar la salud humana y el bienestar, secuestrar y almacenar carbono y reducir el uso de energía.

4.1. Tren de SUDS

El área de selección para la ubicación de los SUDS, se encuentra localizada en la localidad de Kennedy en la ciudad de Bogotá. A sus alrededores se encuentra el conjunto compartir La Margarita Etapa 4, la Institución Educativa Departamental Colegio El Porvenir, El futuro CDRD y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

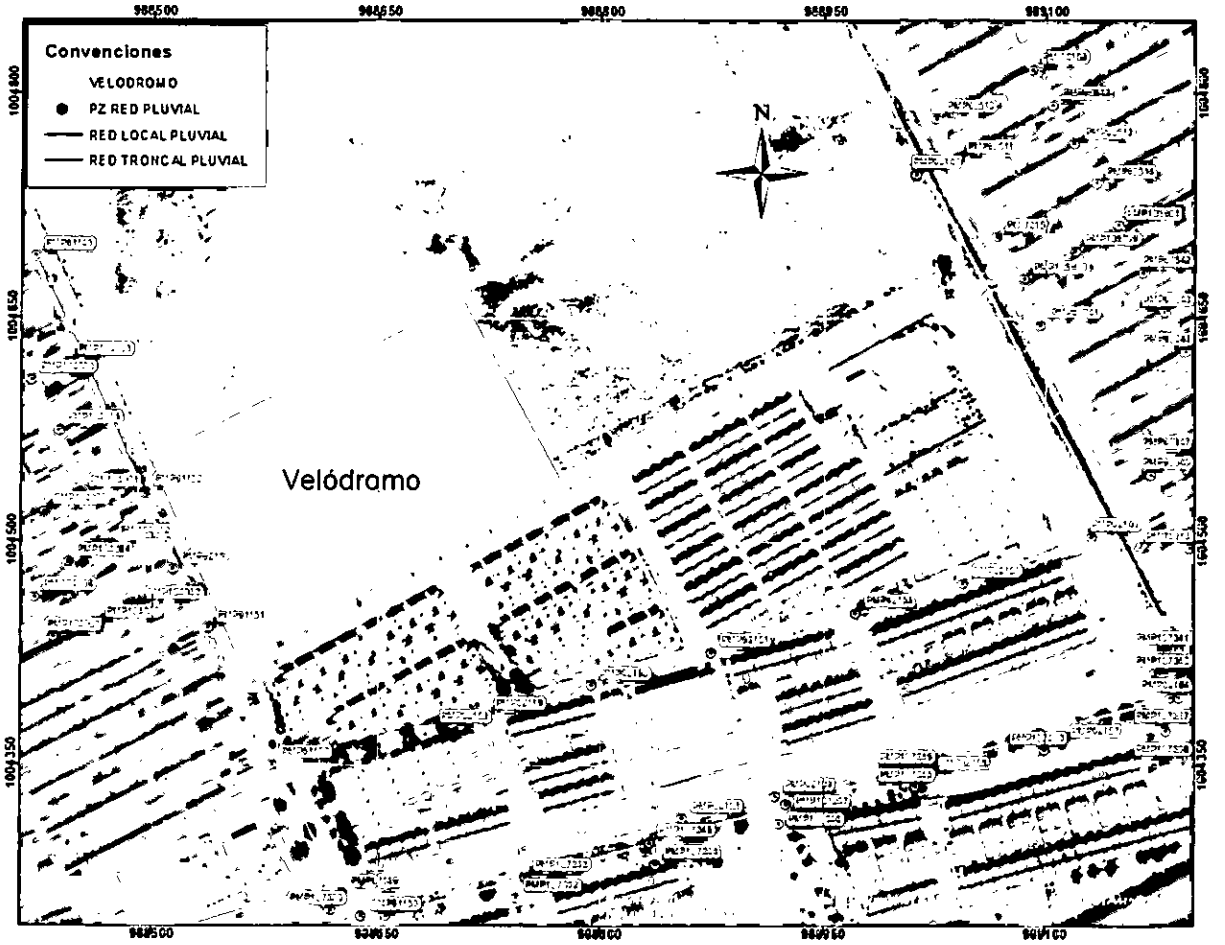
Ilustración 2. Ubicación del área seleccionada para el desarrollo de SUDS.



Fuente: Propia

La implementación de trenes de SUDS en las áreas disponibles del proyecto, logrará reducir la velocidad de descarga de las aguas de escorrentía en periodos de caudales pico, ya que se logrará una retención de las aguas pluviales, lo que hace que el proyecto sea adecuado para la implementación de un sistema de drenaje sostenible.

Ilustración 3. Sistema de alcantarillado pluvial cercano a la zona de estudio.

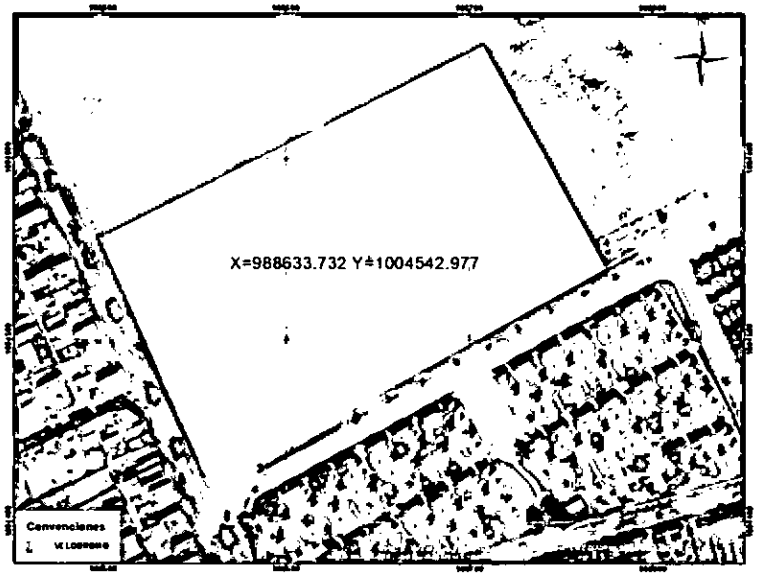


Fuente: Propia

Las características del área seleccionada son:

1. **Coordenadas:** X:988633.732 Y:1004542.977

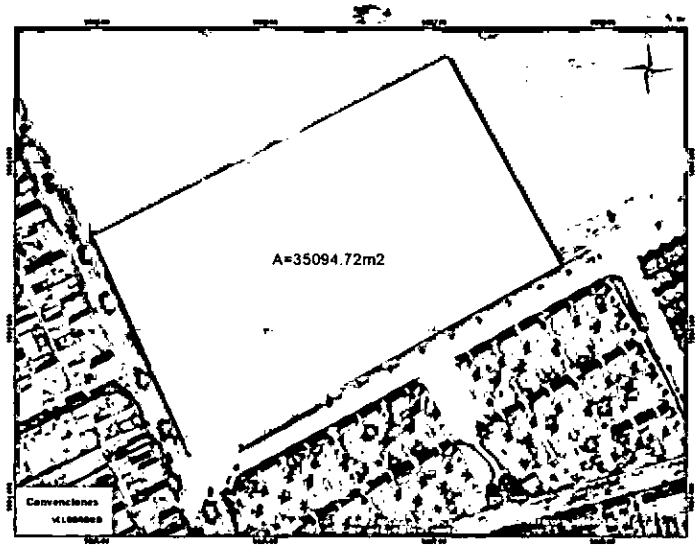
Ilustración 4. Coordenadas del área de estudio



Fuente: Propia

2. **Área:** 35094.72 m²

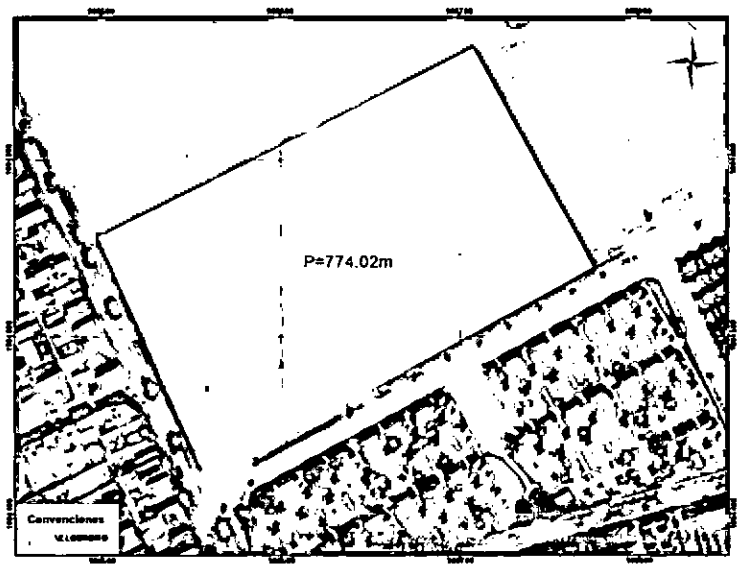
Ilustración 5. Área del lugar seleccionado



Fuente: Propia

3. **Perímetro:** 774.02m

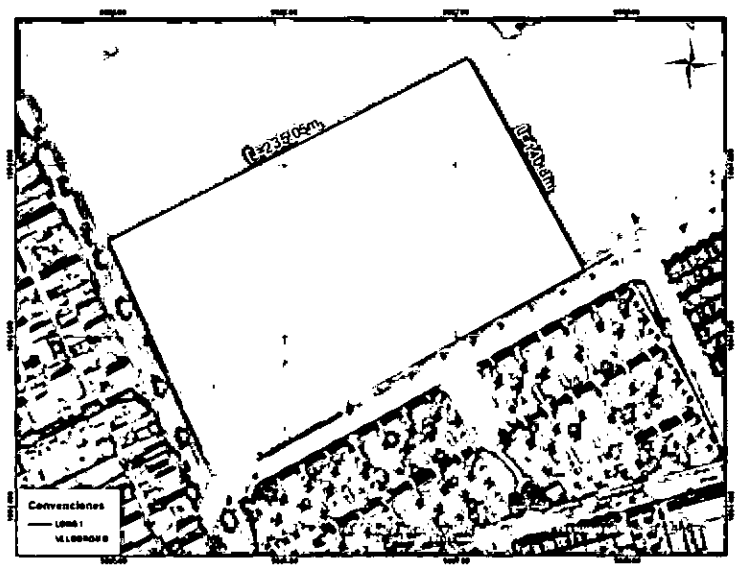
Ilustración 6. Perímetro del área de estudio



Fuente: Propia

4. **Ancho y largo:** 235.05m y 140.80m respectivamente.

Ilustración 7. Ancho y largo del área de estudio



Fuente: Propia

5. **Tasa de infiltración:** para el proyecto se asume una tasa de infiltración para un tipo de suelo de 0.036mm/h de acuerdo con el concepto técnico emitido por el especialista geotécnico del proyecto, como se puede ver a continuación:

Ilustración 8. Concepto tasa de infiltración del suelo

Alfonso Uribe S. y cía. s. a.
Estudios de suelos

1

ON-6388

Bogotá D.C., Octubre 13 de 2022

Señores:
PARALELO 621 GERENCIA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN S.A.S.
Atn.: Dr. Alejandro González Jaramillo
Ciudad

REF.: AUS-21874 **VELÓDROMO PARQUE GIBRALTAR LOCALIDAD DE KENNEDY**

Apreciados señores:

De acuerdo con su consulta, se ratifica que los rellenos existentes en el proyecto en referencia tienen gran variabilidad en sus propiedades físicas y por lo tanto no es posible determinar una sola permeabilidad para el estrato superior. En algunos sitios existen rellenos en basura más permeables y en otros rellenos arcillosos con una permeabilidad mucho más baja.

Para un análisis inicial y en función de las perforaciones realizadas, se considera que se puede utilizar un coeficiente de permeabilidad con un valor de 1.0×10.0^{-6} cm/seg.

Estaremos atentos a resolver cualquier inquietud.

Atentamente,

ALFONSO URIBE SARDIÑA
Auc/kbc

Fuente: Alfonso Uribe

1207

6. **Nivel freático:** de acuerdo con el estudio de suelos IAUS-21874 realizado por la firma Alfonso Uribe S. y Cía. S.A., se encontraron los siguientes niveles de agua:

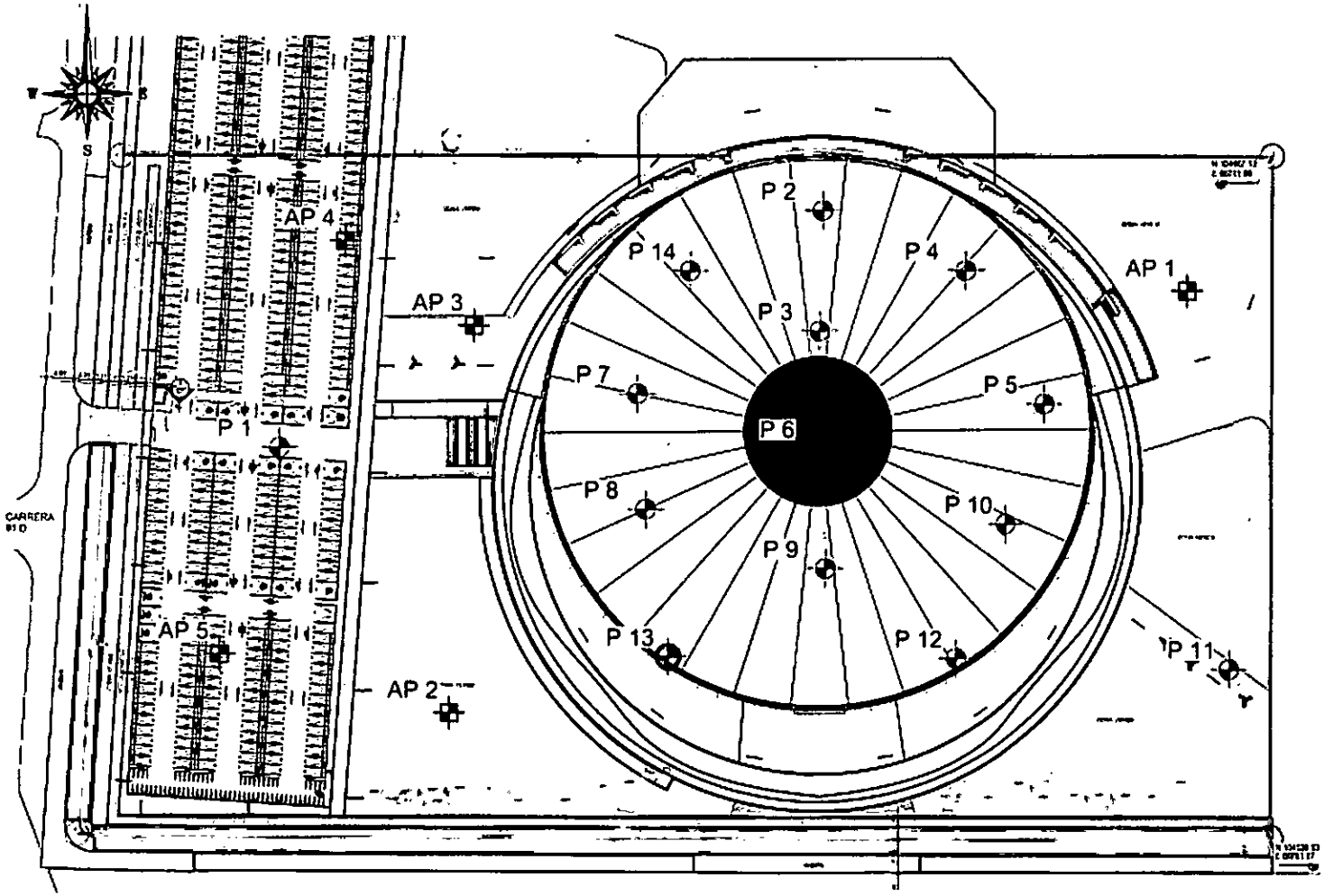
Tabla 1. Niveles de agua en las perforaciones de acuerdo con estudio de suelos IAUS-21874

No. Perforación	Nivel de agua (m)
P1	0.1
P2	2.2
P3	4.1
P4	2.2
P5	4
P6	15
P7	1.4
P8	15
P9	1.7
P10	1.7
P11	1.5
P12	20
P13	3.2
P14	20
AP1	-
AP2	-
AP3	-
AP4	-
AP5	-
PROMEDIO	**6.58**

Fuente: Estudio de suelos IAUS-21874

Con los datos descritos en la tabla anterior, para la definición de tipologías factibles se selecciona como nivel freático el promedio de los niveles de agua encontrado de 6.58m.

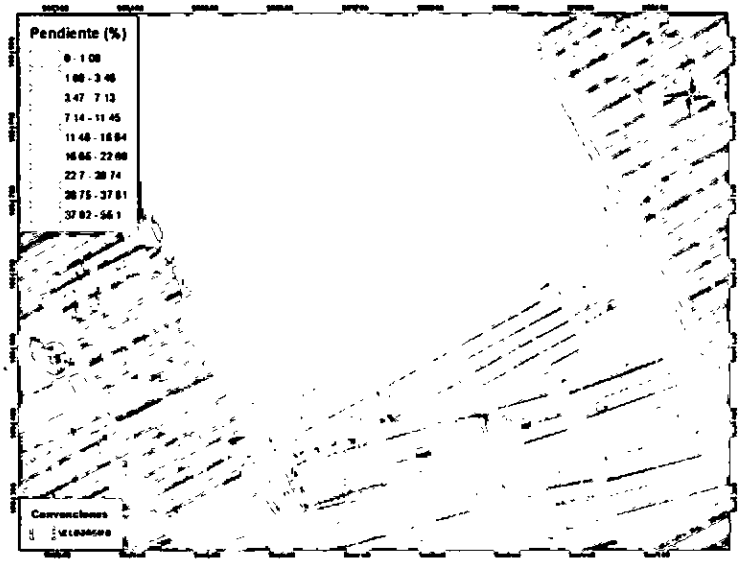
Ilustración 9. Localización de perforaciones y apiques de acuerdo con estudio de suelos IAUS-21874



Fuente: Estudio de suelos IAUS-21874

7. **Pendiente:** la pendiente promedio del lote es de 2.30%.

Ilustración 10. Pendiente del área de estudio



Fuente: Propia

8. **Longitud de los cimientos:** se toma la longitud a cimientos crítica de 16.65m

Ilustración 11. Longitud a cimientos desde el área de estudio



Fuente: Propia

4.2. Definición de las tipologías factibles.

De acuerdo con la metodología de selección de tipologías y trenes de SUDS, se realizó el diligenciamiento de las variables requeridas, que son representativas de una zona de parque, las cuales se pueden evidenciar en las ilustraciones relacionadas previamente y en la tabla indicada a continuación:

Tabla 2. Variables requeridas para definir las tipologías factibles - parque.

Variable	Unidad	Valor a ingresar
Tipo de espacio	-	Parque
Pendiente longitudinal	%	2.30
Distancia al nivel freático	m	6.58
Tasa de infiltración	mm/h	0.036
Distancia a cimientos	m	16.65
Área disponible	m^2	35094.72
Ancho (del área disponible)	m	140.80
Largo (del área disponible)	m	235.05

Fuente: NS-166 EAAB

Ahora bien, considerando las características del área, las tipologías de SUDS recomendadas de acuerdo con la metodología de Selección de tipologías y trenes creada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y la Universidad de los Andes, para el proyecto velódromo son:

Tabla 3. Tipologías recomendadas según características del área seleccionada - parque.

	Con infiltración	Sin infiltración*
Tipologías recomendadas		CUNETAS VERDES
		ZONAS DE BIO-RETENCIÓN
		ZANJAS DE INFILTRACIÓN
		PAVIMENTOS PERMEABLES

Fuente: NS-166 EAAB

Adicionalmente, se realizó el diligenciamiento de las variables para la zona de parqueaderos específicamente. Para la pendiente longitudinal se tomó el dato utilizado para el proyecto, como se puede ver en la Ilustración 10; para la distancia al nivel freático se tomaron los datos de la perforación P1 y los apiques AP4 y AP5 como se puede ver en la Ilustración 9 y la Tabla 1; adicionalmente, la tasa de infiltración se tomó de acuerdo con la indicada por el especialista de suelos (ver Ilustración 8); igualmente, la distancia a cimientos se seleccionó con referencia a la Ilustración 11; y por último el ancho y largo hace referencia al espacio donde se encuentra ubicada la zona de parqueaderos.

Tabla 4. Variables requeridas para definir las tipologías factibles - parqueadero.

Variable	Unidad	Valor a ingresar
Tipo de espacio	-	Parqueadero
Pendiente longitudinal	%	2.30

Variable	Unidad	Valor a ingresar
Distancia al nivel freático	m	0.10
Tasa de infiltración	mm/h	0.036
Distancia a cimientos	m	16.65
Área disponible	m^2	8957.14
Ancho (del área disponible)	m	47.20
Largo (del área disponible)	m	189.77

Fuente: NS-166 EAAB

Ahora bien, considerando las características del área, las tipologías de SUDS recomendadas para la zona de parqueaderos son:

Tabla 5. Tipologías recomendadas según características del área seleccionada - parqueadero.

	Con infiltración	Sin infiltración*
Tipologías recomendadas		TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Fuente: NS-166 EAAB

Debido a las características descritas en la Tabla 4, para la zona de parqueaderos, y teniendo en cuenta la matriz de clasificación, la única tipología que podría ser implementada para esta zona es un tanque de almacenamiento, sin embargo, no se evidencia la necesidad de recolección y uso de esta agua para beneficio del proyecto; además, la implementación de un segundo tanque de almacenamiento, implica un sobrecosto en equipos, redes adicionales, mantenimiento y operación.

Es de mencionar que el velódromo cuenta con un tanque de almacenamiento para reutilización de aguas lluvias con una capacidad de $50m^3$ (tipología 3), cuyos cálculos de volumen se presentan dentro del informe hidrosanitario.

Sin embargo, y debido a la solicitud realizada por la entidad revisora, se proyectan canales verdes para el adecuado manejo de mejoramiento de la calidad del agua en la zona de parqueaderos.

4.3. Evaluación de las tipologías factibles.

En esta etapa de la metodología aplicada, se realizó la asignación de peso para cada uno de los criterios de selección, de acuerdo con las características de las tipologías recomendadas. Se asignó un 20% al criterio de Mejoramiento de calidad de agua, teniendo en cuenta que las aguas pluviales generadas, descargan al alcantarillado pluvial público; un 20% al criterio de control de volúmenes debido a la implementación de varios SUDS en el proyecto; un 20% al criterio de Amenidad y conflictos de uso, por ser una zona que se encuentra cerca de áreas residenciales, comerciales y culturales, la cual busca alcanzar

un enfoque visual agradable; un 35% al criterio de Mantenimiento, ya que de esta actividad depende el funcionamiento óptimo del sistema y lo que se busca son alternativas que no requieran de un constante mantenimiento y un 5% al criterio de Costos de implementación, debido a que este representa la inversión que se realizará en la implementación del tren de SUDS.

Tabla 6. Valoración de los criterios de selección y su peso asignado.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO
Mejoramiento de calidad de agua	20%
Control de volúmenes	20%
Amenidad y conflictos de uso	20%
Mantenimiento	35%
Costos	5%
Suma (100%)	100%

Fuente: NS-166 EAAB

Conforme con los porcentajes anteriormente descritos, las tipologías más apropiadas a implementar de acuerdo a su clasificación son las cunetas verdes, las zanjas de infiltración, los tanques de almacenamiento, los pavimentos permeables y las zonas de bio-retención respectivamente.

Tabla 7. Tipologías apropiadas para implementar en el tren

TIPOLOGÍA / CRITERIOS DE SELECCIÓN	CUNETAS VERDES	ZONAS DE BIO-RETENCIÓN	ZANJAS DE INFILTRACIÓN	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	PAVIMENTOS PERMEABLES
Mejoramiento de calidad de agua	1.6	2.3	2.7	0.0	2
Control de volúmenes	1.0	1.5	3.0	2.0	3
Amenidad y conflictos de uso	1.5	2.3	1.0	1.5	2
Mantenimiento	3.0	1.0	1.0	3.0	1
Costos	3.0	2.0	2.0	2.0	2
TOTAL (máximo 5 puntos)	**3.4**	**2.8**	**3.0**	**3.1**	**3**

Fuente: NS-166 EAAB

De acuerdo a las características del tren de SUDS, se asignaron los posibles procesos de acuerdo al grado de factibilidad de cada una de las etapas, para las tipologías seleccionadas, teniendo en cuenta el documento denominado Lineamientos Técnicos para El Plan de Contingencia Ambiental para Construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, donde se indica que, de acuerdo con las

características del área a intervenir en cuanto a los antecedentes de almacenamiento de residuos, degradación de los mismos y generación de lixiviados, debe tenerse especial cuidado con la generación de residuos peligrosos, consecuente con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015 - Titulo 6 (Decreto 4741 de 2005)[1]; y el documento denominado Línea Base Ambiental[2] donde el Concepto Técnico 066 del 08/01/2009 indica que existe una conexión hidráulica entre los lixiviados que se generan en la masa de residuos y el agua subterránea del sitio, presentándose una posible afectación del recurso hídrico subterráneo, por lo que no se puede generar una adición de agua de infiltración al predio.

Tabla 8. Procesos factibles para la definición de los trenes de SUDS.

Almacenamiento / Detención (A)	**Número de tipologías**	**2**
Transporte (T)		
Aprovechamiento de agua pluvial (R)		

Fuente: NS-166 EAAB

4.4. Trenes de SUDS

Acorde con las 5 opciones del tren de SUDS definidas, los procesos más viables son el transporte por medio de cunetas verdes, el almacenamiento por medio de zonas de bioretención y el almacenamiento y retención por medio de tanques de almacenamiento como puede verse a continuación:

Tabla 9. Opciones de implementación de tipologías

TIPOLOGÍAS / OPCIONES	CUNETAS VERDES	ZONAS DE BIO-RETENCIÓN	ZANJAS DE INFILTRACIÓN	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	PAVIMENTOS PERMEABLES	CALIFICACIÓN (máximo 5 puntos)
Opción 1	1			2		4.11
Opción 2	2			1		4.11
Opción 3	1			2		4.11
Opción 4	1	2				4.03
Opción 5	2	1				4.03

Fuente: NS-166 EAAB

[1] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaría de Ambiente. Lineamientos Técnicos para el Plan de Contingencia Ambiental para Construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir.
[2] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaría de Ambiente. Línea base ambiental Construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir.

Tabla 10. Procesos principales para cada tipología seleccionada.

TIPOLOGÍAS / OPCIONES	CUNETAS VERDES	ZONAS DE BIO-RETENCIÓN	ZANJAS DE INFILTRACIÓN	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	PAVIMENTOS PERMEABLES	CALIFICACIÓN (máximo 5 puntos)
Opción 1	T			A		4.11
Opción 2	T			A		4.11
Opción 3	T			R		4.11
Opción 4	T	A				4.03
Opción 5	T	A				4.03

Fuente: NS-166 EAAB

5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJES SOSTENIBLES – SUDS

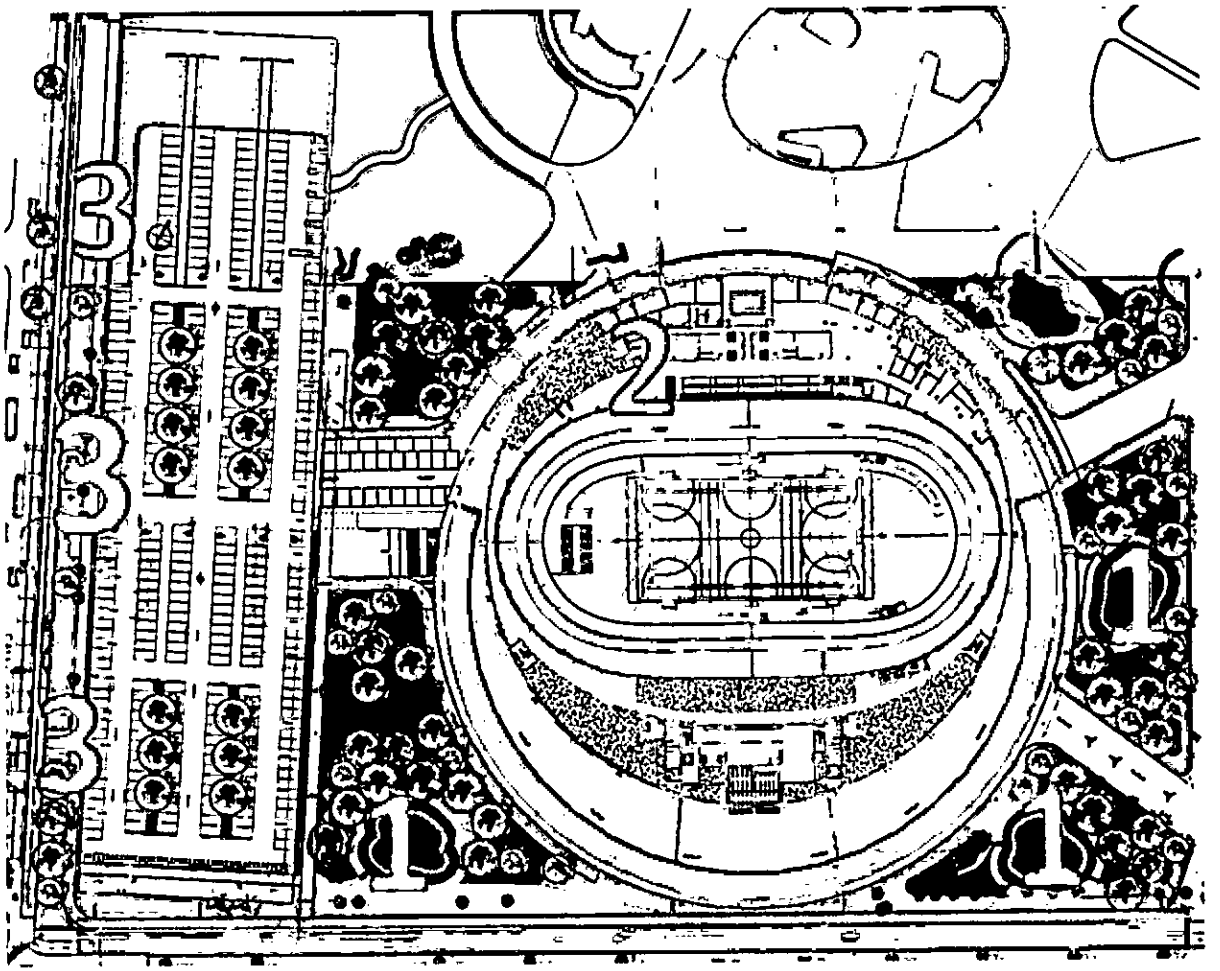
En consecuencia, con la evaluación realizada anteriormente dentro del proyecto se plantearán 6 tipologías de SUDS. El tanque de almacenamiento de aguas lluvias se diseñará dentro de la edificación, las zonas de bio-retención se encontrarán en el este y suroeste del proyecto y las cunetas verdes en la zona oeste de los parqueaderos.

Estas se encuentran distribuidas en el proyecto como se muestra a continuación:

1. Zonas de bio-retención.
2. Tanque de almacenamiento.
3. Cunetas verdes.

Como puede evidenciarse en la Ilustración 12, existen zonas verdes en el velódromo que no se están teniendo en cuenta para el desarrollo de las tipologías SUDS, porque se consideran de acuerdo con el desenvolvimiento del proyecto, que son áreas pequeñas que pueden ser manejadas mediante la implementación de vegetación proyectada por el componente paisajístico. Por último, las estructuras factibles se implementan como tipologías y no como trenes SUDS, debido a la topografía de terreno, en las áreas cercanas a las zonas de bioretención las curvas de nivel son superiores, lo que generaría que tipologías adicionales se encontraran más profundas a lo recomendado y, en cuanto al tanque de almacenamiento no se puede generar un tren de SUDS ya que, no se cuenta con el espacio para dicha implantación.

Ilustración 12. Ubicación de SUDS.



Fuente: Arquitectura.

5.1 Características principales tipologías SUDS

5.1.1 Tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras rígidas que tienen como función principal la retención del volumen de escorrentía generado en un evento de lluvia. El agua almacenada será utilizada en actividades que no requieren calidad de agua potable (para el proyecto en reutilización para aparatos como sanitarios, orinales, pocetas de aseo y llaves mangueras). Puede ubicarse de manera superficial o subterránea buscando una reducción de caudales pico y volúmenes de escorrentía.

La escorrentía que ingresa a esta tipología proviene en el proyecto directamente del sistema de captación de la cubierta. El tanque de almacenamiento es una estructura de retención y se diseñará a partir del balance hidrológico de escorrentía mensual. La estructura no requiere de una estructura de pretratamiento para su implementación.

5.1.2 Zonas de bio-retención

Las zonas de bio-retención se fundamentan en la implementación de especies vegetales para la detención y posterior evacuación de escorrentía. Usualmente son depresiones del suelo en las que se planta una cobertura vegetal, sobre un sustrato, una capa filtrante (en caso de proyectarse) y una capa de drenaje, de manera que se promueve la detención y el tratamiento de la escorrentía. Para esta tipología la vegetación es el componente que mayor efecto puede tener sobre su desempeño. Por esta razón, se requiere antes de su implementación la poda de pastos y arbustos, el tratamiento de especies enfermas, la remoción de material vegetal muerto y replantar especies para conservar la cobertura vegetal. De esta forma, al desarrollar las actividades previas se puede asegurar que las plantas proyectadas en las zonas de bio-retención funcionen de manera apropiada y permitan que esta tipología mantenga un buen desempeño.

Es importante resaltar que las zonas de bio-retención generan diversos beneficios en cuanto al manejo de escorrentía, calidad del agua y paisajismo. Por ejemplo, estas estructuras disminuyen el pico de escorrentía que llega al sistema de drenaje convencional, debido a que el agua es detenida temporalmente. Adicionalmente, es importante resaltar que otro de los impactos positivos que producen las zonas de bio-retención está relacionado a los beneficios a nivel de paisajismo y amenidad. Debido a que las zonas de bioretención propuestas, reciben el flujo de la escorrentía de manera difusa, como estructura de pretratamiento se implementan franjas de césped y enrocados más anchos en las zonas de taludes de las tipologías, estas zonas no requieren de pretratamiento ya que su área de aporte es menor a los 4000 m^2.

5.1.3 Cunetas verdes

Las cunetas verdes corresponden a una de las tipologías de SUDS más implementadas para transportar y dirigir el flujo de escorrentía. Son depresiones del terreno con un rango de pendientes longitudinales que permiten la circulación del agua. Se implementará el sistema de cunetas húmedas ya que solamente se busca transporte por medio de estas y no una lámina de agua. Lo que se busca por medio de la implementación de las cunetas es una reducción en el porcentaje el caudal pico y por ende la velocidad del agua de escorrentía al alcantarillado pluvial.

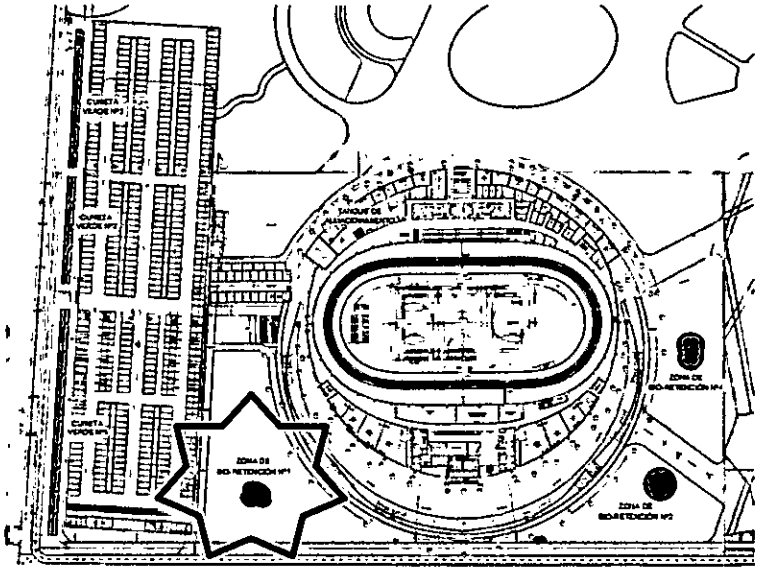
Esta tipología tiene un menor número de estructuras. En primer lugar, se deben tener presentes los taludes laterales, que funcionan como franjas de césped para la entrada de escorrentía superficial y, por último, se utiliza una tubería de salida que descarga el agua al sistema de alcantarillado. La estructura no requiere de una estructura de pretratamiento para su implementación puesto que su área de aporte es menor de 4000 m^2 de forma puntual o concentrada.

6. DISEÑO DE TIPOLOGÍAS Y/O TRENES DE SUDS

6.1 Tipología número 1 – zona de bioretención

La tipología número 1 se encuentra localizada en la zona suroeste del proyecto como se muestra en la Ilustración 13, este se compone de una zona de bio-retención a la cual descargan áreas duras y áreas verdes, después descargará por medio de tubería, cajas o pozos a las redes pluviales.

Ilustración 13. Ubicación tipología número 1.



Fuente: Propia

6.1.1 Coeficiente de escorrentía zona de bio-retención número 1

Los coeficientes de escorrentía se tomaron de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para las zonas verdes se tomó un coeficiente de 0.34 y para las zonas duras peatonales un coeficiente de 0.88, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 11. Coeficientes de escorrentía zona de bio-retención 1

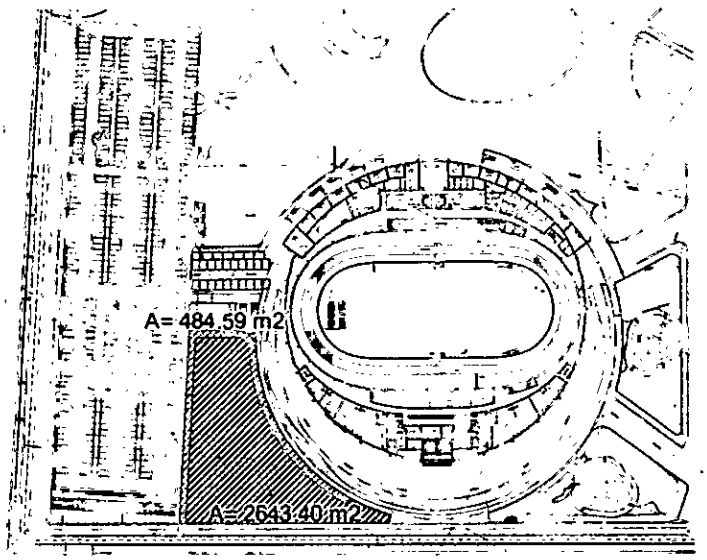
Caracteristicas de la superficie	Periodo de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas					
Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.1.2 Áreas de recolección zona de bio-retención número 1

Para el tren de SUDS número 1 se seleccionaron 2 áreas específicas; la zona con un área de 2643.40 m^2 y el corredor con un área de 484.59m^2 como puede verse en la siguiente ilustración:

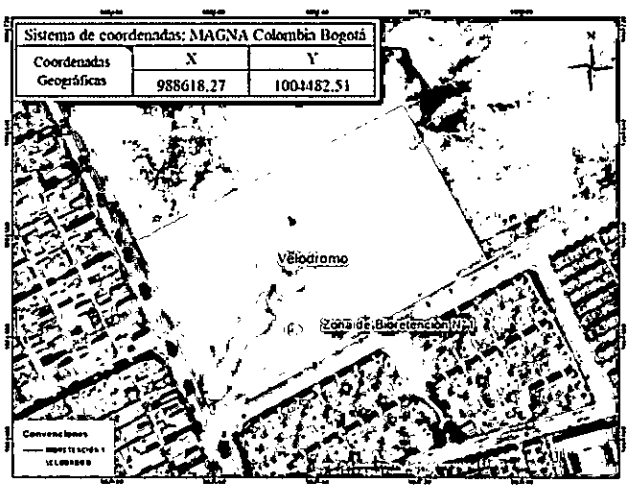
Ilustración 14. Áreas de recolección para el tren de SUDS número 1



Fuente: Arquitectura.

6.1.3 Diseño zona de bio-retención número 1

Ilustración 15. Localización zona de Bio-retención N°1.



Fuente: Propia

1220

Las coordenadas Magna Colombia Bogotá para la zona de bio-retención número 1 son:

Tabla 12. Coordenadas para la zona de Bio-retención N°1

Sistema de coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá		
Coordenadas Geográficas	X	Y
	988618.27	1004482.51

Fuente: NS-166 EAAB.

Las áreas de recolección y coeficientes de impermeabilidad para la zona de bio-retención número 1 son:

Tabla 13. Coeficientes de impermeabilidad y áreas aferentes para la zona de Bio-retención N°1

AREAS	C	A_d (m^2)	CA_d
Área 1	0.34	2643.40	898.756
Área 2	0.88	484.59	426.439
		3127.99	1325.195

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 14. Volumen de diseño para la zona de Bio-retención N°1

h_p (mm)	15.1216
V_c (m^3)	20.04

Fuente: NS-166 EAAB.

Para el diseño que se va a realizar por la metodología Denver, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Profundidad de diseño (d):** Considerando la bibliografía existente, la profundidad máxima de diseño es de 30 cm. Por lo cual para el diseño que se va a desarrollar para el área en estudio es de 30 cm (0.30 metros).
- **Pendiente lateral máxima Z:1 (Z):** 5.
- **Área de fondo (Af):** Para el cálculo del área de fondo se aplicó la siguiente ecuación:

$$A_{fmin} = \frac{2}{3} * \frac{Vc}{d}$$

$$A_{fmin} = \frac{2}{3} * \frac{20.04m^3}{0.30m}$$

$$A_{fmin} = 44.53\,m^2$$

- **Área superficial de la estructura (As):** 91.06 m^2.
- **Profundidad del sustrato (dm):** 0.50 metros.

- **Tipo de capa filtrante:** Se seleccionó geomembrana debido a que la tipología no va a presentar infiltración en el terreno.

Los valores tomados para cada uno de los parámetros relacionados previamente, fueron asignados teniendo en cuenta el dato mínimo recomendado por la NS-166: "CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)". Lo anterior, considerando las características del suelo.

Tabla 15. Cálculo zona de bio-retención N°1

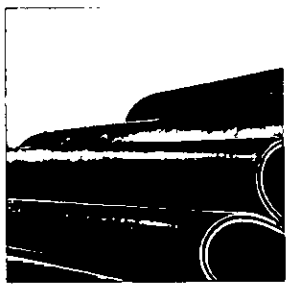
Dimensiones		
Volumen de calidad de diseño (V_c)	m^3	20.04
Profundidad de diseño (d)	m	0.30
Condición de profundidad máxima	-	Cumple
Pendiente lateral máxima Z:1 (Z)	-	5.00
Condición de pendiente lateral	-	Cumple
Área de fondo (A_f)	m^2	44.84
Condición de Área mínima de fondo	-	Cumple
Área superficial de la estructura (A_s)	m^2	91.06
Volumen total (V)	m^3	20.39
Condición de volumen mínimo	-	Cumple
Sustrato		
Profundidad del sustrato (d_m)	m	0.5
Condición de profundidad mínima	-	Cumple
Capa filtrante		
Tipo de capa filtrante		Geotextil

Fuente: NS-166 EAAB.

6.1.4 Materiales para la zona de bio-retención número 1

- **Geomembrana:** se implementará una geomembrana de Policloruro de Vinilo (PVC), que evite el cruce del agua al suelo.

Ilustración 16. Geomembrana de Policloruro de Vinilo para la zona de bio-retención número 1



Fuente: Geoandes[3]

- **Sustrato:** se implementará un suelo limo arenoso, con conductividad hidráulica entre 50 y 300 milímetros/hora.

Ilustración 17. Sustrato zona de bio-retención número 1



Fuente: Fertilab[4]

- **Enrocado de entrada:** Se implementará un enrocado entre 7 y 15 centímetros de diámetro, para disminuir la velocidad del caudal de entrada a la zona de Bio-retención.

Ilustración 18. Enrocado de entrada zona de bio-retención número 1



Fuente: SuD Sostenible[5]

[3] Geoandes. Consultado 17 de noviembre de 2022 en: https://acortar.link/zVwAYI
[4] Fertilab. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: https://www.fertilab.com.mx/blog/309-la-textura-y-la-fertilidad-del-suelo/
[5] SuD Sostenible. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: http://sudsostenible.com/consideraciones-enel-diseno-de-las-areas-de-biorretencion/

- **Vegetación:** Las plantas seleccionadas a implementar, se clasifican según su requerimiento hídrico como Higrófitas, las cuales son exclusivas de ambientes húmedos, y se caracterizan por recibir de la atmósfera y del suelo un abastecimiento abundante de agua.

  - **Suelda Consuelda (Tradescantia fluminensis):** estas plantas crecen entre 30cm y 70cm de largo, sushojas son color morado, verde y gris.

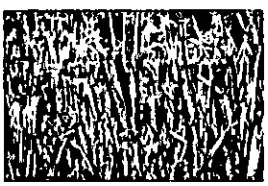
    Ilustración 19. Vegetación – suelda Consuelda de bio-retención número 1



Fuente: Jardín Botánico Los Gajos[6]

  - **Junco (juncus):** su tamaño llega hasta los 90 cm, es de suelos húmedos, su hoja es alargada y recta.

    Ilustración 20. Vegetación – junco zona de bio-retención número 1



Fuente: JardineríaOn[7]

Adicionalmente para la zona del talud se utilizará pasto cola de zorro .

Ilustración 21. Vegetación – pasto cola de zorro zona de bio-retención número 1



Fuente: ResearchGate[8]

[6] Jardín Botánico Los Gajos. Consultado 15 de septiembre de 2021 en: http://www.losgajos.com/jardin/articulo/68/siempreviva-(cucaracha)

[7] JardineríaOn. Consultado 15 de septiembre de 2021 en: https://www.jardineriaon.com/junco.html

[8] ResearchGate. Consultado 15 de octubre de 2021 en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Pasto-Aleman-Echinochloa-polystachya-comun-en-zonas-de-terrenos-inundados-la_fig1_280082284

6.1.5 Diseño de tuberías de alcantarillado para la tipología N°1

Para los tramos de tuberías que hacen parte de la conducción y descarga de la tipología implementada se tienen en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

- **Periodo de retorno:** Para el área seleccionada se tomó un periodo de retorno para diseño de 5 años debido a que hace parte de redes locales y secundarias en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.

Tabla 16. Periodo de retorno mínimo según el grado de protección del sistema.

Caracteristicas del área de drenaje	Periodo de retorno para diseño (años)
Tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.	5
Tramos de la red troncal de alcantarillado, zonas comerciales de alto valor e infraestructura especial como Aeropuertos, Hospitales, Centros de emergencia y Deprimidos Viales.	10
Canales abiertos y adecuación de cauces de ríos y quebradas de cualquier área.	100

Fuente: NS-085 EAAB

- **Caudal de diseño:** Se realizará por el método racional, debido a que el área de aporte no supera las 80 Ha.
- **Coeficiente de escorrentía:** Se toma para el área verde un coeficiente de 0.34 y para las zonas de senderos un coeficiente de 0.88 como se describió anteriormente.
- **Tiempo de concentración:** Se toma como mínimo de 15 minutos de acuerdo a la norma NS-085 para tramos iniciales.
- **Coeficiente de rugosidad de Manning:** Para los conductos se utilizará tubería PVC por lo que el coeficiente seleccionado es de 0.010.

Tabla 17. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material*	Material	n
Interior Liso	Tubería de PVC. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). Tubería con recubrimientos epóxidos o similares.	0.010
Interior Semi-rugoso	Tubería de concreto prefabricado. Tubería de GRES.	0.013

Fuente: NS-085 EAAB

- **Velocidad mínima:** Para el alcantarillado pluvial, será tal que garantice el valor del esfuerzo cortante medio mayor a 1 N/m2 de acuerdo con la normativa de la EAAB.
- **Velocidad máxima:** Será máximo de 9 m/s debido a que la tubería a utilizar es PVC.

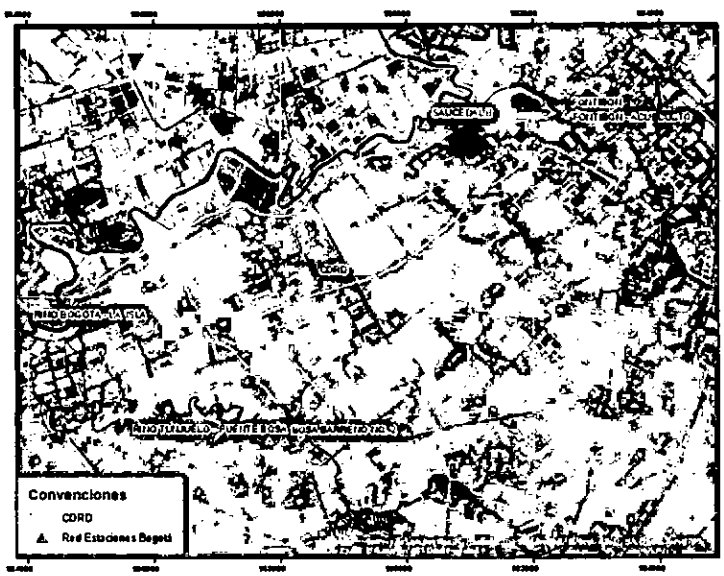
Tabla 18. Velocidad máxima permisible

Material	*Velocidad máxima permisible (m/s)*
Conductos cerrados	
Concreto fundido *in situ (box culvert)*	5.0
Concreto prefabricado (tuberías)	6.0
PVC - PEAD*	9.0
Fibra de vidrio GRP.	4.0

Fuente: NS-085 EAAB

- **Intensidad:** De acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, se tiene una intensidad de 63.20 mm/hr. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 22), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21, de esta información se creó la IDF.

Ilustración 22. Localización de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.



Fuente: EAAB.

Tabla 19. Datos de precipitación máxima en 24 horas (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				13.7i	13.2i	17.7r	7.2r	9.3r	14.0r	16.6r	23.5r	30.9r	30.9
1991	8.9r	1.0r	19.1i	7.9i	41.6r	12.4r	9.5r	6.4r	15.3r	2.9i	16.6r	12.6r	41.6
1992	9.2r	13.4r	10.3r	9.1r	17.6r	20.1r	4.8r	7.5r	15.5r	11.0r	14.7r	5.2	20.1
1993	16.8r	5.7r	19.1r	25.6	22.0r	4.7r	5.3r	14.3r	12.0r	8.0r	23.7	9.6	25.6
1994	7.8r	14.5r	24.6r	28.3	12.3i	9.2r	4.4r	7.4r	14.5r	28.3r	24.8r	4.4r	28.3
1995	1.3r	5.3r	35.6r	22.4r	12.0r	40.7r	7.6r	15.0r	25.6r	25.3r	16.0r	15.1r	40.7
1996	11.5r	13.0r	16.5r	21.0r	19.3r	32.0r	14.0r	12.9r	13.9r	13.4r	34.0r		34.0
1997	23.5r	4.2r	14.0	13.1r	10.0r	41.0r	8.2r	1.8r	12.5r	27.5r	23.5r	1.3r	41.0
1998	4.9r	31.4r	2.6r	30.6r	28.0r	11.3r	18.2r	21.5i	15.6r	19.5r	11.5r	10.0r	31.4
1999	12.5r	18.1r	16.4r	20.0r	15.1r	15.4r	8.6r	14.0i	22.6r	17.0r	19.0r	39.7r	39.7
2000	18.7r	29.3r	21.8r	26.4r	25.0r	29.2r	16.8r	23.8r	20.4r	10.4r	17.5r	9.2r	29.3
2001	2.5r	5.4r	17.7r	2.9r	13.8r	23.9r	12.9r	3.1r	10.2r		14.7r	23.5r	23.9
2002	5.3	7.0	28.0	43.2	17.0	19.9	5.0	5.7		17.5	7.8	10.5	43.2
2003	2.7	4.0	29.5	19.7	9.2	12.7	9.1	12.5	18.1	16.5	16.5	6.0	29.5
2004	16.1r	20.7r	13.4r	40.3r	27.8r	7.0r	18.3r	6.6r	16.6r	13.6r	16.7r	7.0r	40.3
2005	5.2r	15.0r	15.0r	15.2r	24.6r	5.5r	17.0r	11.0r	23.2r	15.9	17.5r	25.2	25.2
2006	8.8	5.8	18.2	33.6	33.2	11.0	15.7r	9.0	15.0	26.0	23.6	8.7	33.6
2007	2.2	6.0	8.6	23.3	25.1r	16.6r	12.0	20.4	5.0r	40.3	13.3r	38.2	40.3
2008	18.3	18.4r	29.9i	28.8	41.5i	26.1r	17.0i	12.2i	8.9	20.0i	24.0i	18.2i	41.5
2009	3.8	23.0	58.0	20.5i	8.5	23.8r	16.7r	5.8	4.8	42.9r	64.1	17.3	64.1
2010	1.4	3.5	11.5	16.3	43.0	28.0	13.8	7.2	7.3i	19.0	34.0	27.9	43.0
2011	10.5	14.1	27.4	20.8	33.6	22.4	15.5	15.6	10.0	18.2	38.9	50.6	50.6
2012	11.7	47.3	20.1	32.2	16.0	7.5	12.2	10.4	3.3	32.6	13.7	7.9	47.3
2013	0.8	15.0	25.3	37.0	22.0	9.6	16.9	11.3	7.3	19.1	23.0	36.0	37.0
2014	19.1	14.0	33.3	27.2	16.6	7.3	5.3	15.1	17.5	18.6	40.7	15.0	40.7
2015	10.9	4.9	20.2	29.0	19.6	11.8	14.0	3.6	18.2	7.9	25.6	1.4	29.0
2016	1.7	30.7	13.9	29.2	17.4	4.2	12.0	16.4	11.0	7.2	40.0	32.1	40.0
2017	19.3	10.4	38.7	9.8	28.5	23.8	11.1	36.9	11.5	17.1	29.0	17.2	38.7
2018	10.3	17.5	44.1	22.2	27.1	14.1	7.3	13.8	6.7	19.4i	22.2	0.4	44.1
2019	15.2	7.3	23.4	16.8	20.7	10.1	7.2	7.2	6.4	16.3	30.6	26.2	30.6
2020	6.7	15.0	29.8	15.6i		9.1i	22.2	8.8	7.5	4.8			29.8
MED	**9.6**	**14.0**	**22.9**	**22.6**	**22.0**	**17.0**	**11.8**	**11.8**	**13.0**	**18.4**	**24.0**	**17.5**	**24.0**
MAX	**23.5**	**47.3**	**58.0**	**43.2**	**43.0**	**41.0**	**22.2**	**36.9**	**25.6**	**42.9**	**64.1**	**50.6**	**64.1**
MIN	**0.8**	**1.0**	**2.6**	**2.9**	**8.5**	**4.2**	**4.4**	**1.8**	**3.3**	**2.9**	**7.8**	**0.4**	**0.4**

Fuente: EAAB.

1227

Tabla 20. Datos de números de días de lluvia de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				8i	20i	9r	19r	15r	12r	24r	16r	10r	133
1991	6r	9r	19i	17i	18r	11r	12r	18r	13r	8i	14r	10r	155
1992	5r	8r	9r	14r	15r	6r	12r	13r	9r	13r	18r	11	133
1993	9r	5r	18r	20	22r	9r	21r	13r	17r	13r	26	7	180
1994	9r	13r	14r	16	18i	15r	19r	17r	15r	18r	20r	8r	182
1995	4r	5r	14r	23r	19r	23r	18r	22r	13r	15r	15r	20r	191
1996	11r	16r	13r	16r	27r	19r	22r	16r	14r	20r	13r		187
1997	15r	8r	8	14r	17r	17r	13r	13r	11r	13r	14r	3r	146
1998	4r	7r	9r	21r	27r	17r	21r	14i	18r	18r	12r	14r	182
1999	11r	20r	16r	19r	14r	27r	11r	15i	21r	24r	17r	17r	212
2000	7r	15r	17r	12r	26r	16r	20r	20r	24r	16r	9r	12r	194
2001	8r	6r	13r	14r	23r	13r	14r	18r	16r		17r	15r	157
2002	14	11	15	17	20	19	14	12	5i	16	15	10	168
2003	1	7	16	19	13	15	15	16	10	19	22	12	165
2004	5r	14r	9r	20r	21r	18r	19r	19r	22r	27r	26r	21r	221
2005	22r	20r	27r	28r	28r	18r	23r	20r	19r	28r	25r	25r	283
2006	15r	3r	25r	18r	19r	20r	10r	15r	8r	20r	20r	12r	185
2007	5r	14r	15r	21r	25r	25r	18r	21r	11r	22r	19r	20r	216
2008	20r	22r	23i	24r	25i	27r	22i	21i	16r	24i	17i	19i	260
2009	18r	15r	23r	19i	20r	19r	19r	19r	11r	19r	14	5	201
2010	1	9	10	25	25a	19	26	22	19i	17	27	17	217
2011	18	12	20	27	26	12	12	15	14	20	22	17	215
2012	15	10	11	20	16	17	16	21	9	18	16	13	182
2013	13	19	16	13	17	10	22	18	18	21	17	10	194
2014	9	19	12	18	22	17	21	14	13	20	16	15	196
2015	10	8	14	13	12	18	18	14	9	12	14	5	147
2016	14	10	19	19	20	20	23	17	18	15	21	18	214
2017	14	13	25	17	23	23	18	13	15	20	21	18	220
2018	18	11	18	23	31	18	16	11	12	13i	12	1	184
2019	4	5	17	19	23	17	17	14	15	20	12	17	180
2020	8	12	16	15i		19i	27	19	19	16			151
MED	10	12	16	18	21	17	18	17	14	18	18	13	192
MAX	22	22	27	28	31	27	27	22	24	28	27	25	31
MIN	1	3	8	8	12	6	10	11	5	8	9	1	1

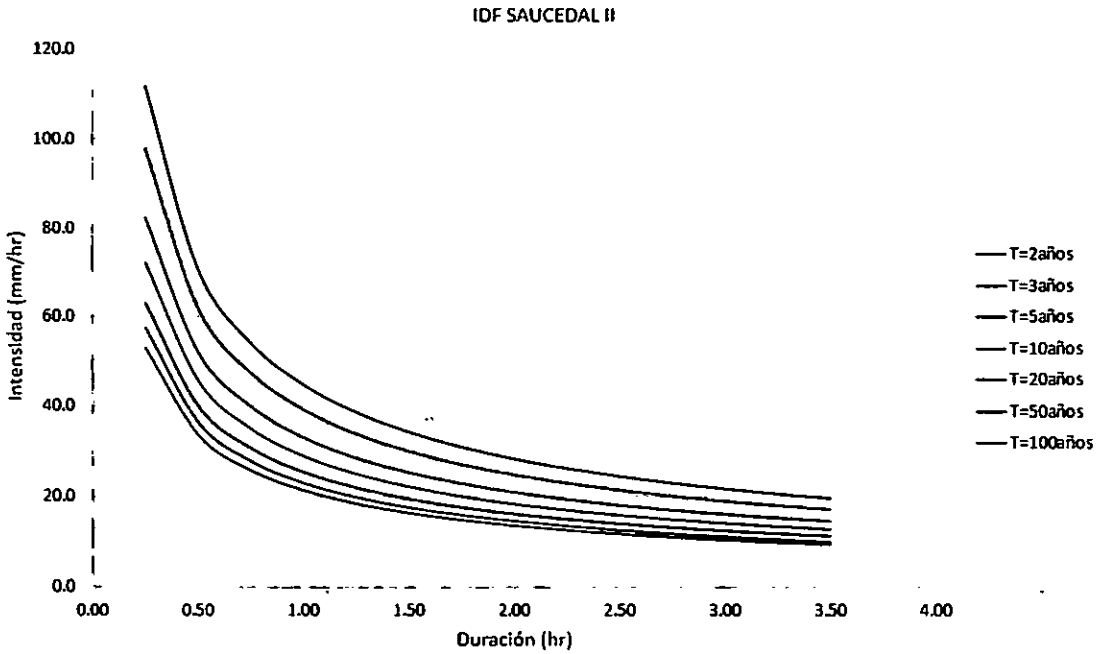
Fuente: EAAB.

Tabla 21. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990					49.0a	40.3r	23.8r	28.3r	38.8r	113.1r	91.3r	64.5r	449.1
1991	11.6r	4.8r	88.4i	34.1i	130.0r	24.4r	27.2r	31.4r	55.7r	8.9i	78.6r	37.5r	532.6
1992	15.0r	26.9r	17.6r	38.1r	43.1r	26.2r	18.8r	32.0r	46.7r	22.8r	82.7r	25.7	395.6
1993	32.1r	19.9r	90.8r	145.4	104.7r	17.7r	39.2r	31.0r	44.4r	27.3r	137.3	22.9	712.7
1994	34.3r	59.6r	104.6r	95.3	66.3i	44.6r	20.8r	35.1r	31.2r	102.3r	108.5r	10.9r	713.5
1995	2.2r	11.1r	116.6r	115.8r	44.0r	128.0r	42.0r	60.4r	44.3r	84.5r	75.2r	62.8r	786.9
1996	45.4r	58.3r	51.7r	93.2r	127.7r	83.4r	62.9r	50.6r	33.7r	83.6r	74.1r	39.5a	804.1
1997	59.1r	14.8r	40.2	52.1r	49.0r	94.9r	19.9r	10.4r	29.0r	57.3r	66.2r	1.6r	494.5
1998	9.0r	59.4r	7.3r	91.8r	129.1r	39.4r	55.0r	67.9i	81.7r	101.1r	41.0r	50.8r	733.5
1999	36.0r	87.3r	54.4r	58.8r	66.8r	111.1r	23.3r	48.2i	90.6r	85.6r	90.4r	67.3r	819.8
2000	25.9	147.0	58.2	52.5	104.6	68.6	45.5	51.9	89.8	47.5	32.8	27.0	751.3
2001	8.4	17.9	38.8	9.6	83.2	35.9	30.6	14.1	52.9	36.9g	45.5	62.7	436.5
2002	14.8	16.3	100.2	140.6	85.5	74.7	19.9	25.2	25.6	56.4	40.3	34.6	634.1
2003	2.7	11.0	75.6	71.4	31.0	59.2	31.1	37.6	50.7	75.9	68.0	20.7	534.9
2004	21.9r	44.6r	39.8r	164.8r	118.0r	52.9r	68.0r	25.4r	43.4r	159.2r	72.9r	21.2r	832.1
2005	18.5r	35.4r	61.5r	100.5r	156.1r	32.2r	49.5r	55.4r	79.0r	111.1r	59.5r	75.3r	834.0
2006	39.4r	8.4r	130.0r	111.7r	160.7r	95.0r	24.0r	30.5r	43.1r	183.3r	126.4r	18.7r	971.2
2007	3.5r	15.1r	38.7r	160.9r	103.8r	66.2r	44.4r	84.3r	17.8r	142.9r	80.7r	106.0r	864.3
2008	23.3r	72.5r	136.8i	125.9r	202.0i	162.9r	64.6i	66.0i	49.4r	161.6i	146.1i	77.8i	1 288.9
2009	21.2r	77.0r	128.8r	72.4i	15.1r	71.4r	32.7r	28.9r	12.9r	104.1r	114.8	34.1	713.4
2010	1.4	11.8	32.1	120.0	203.7a	93.7	104.5	34.0	35.1i	83.3	209.4	114.3	1 043.3
2011	41.7	65.6	115.7	152.6	114.8	44.2	41.4	43.2	52.1	106.9	174.5	116.2	1 068.9
2012	31.2	78.5	92.8	235.3	81.8	33.4	48.7	34.0	9.7	101.3	24.9	27.2	798.8
2013	3.1	69.9	80.6	87.4	108.0	23.3	50.2	42.6	22.3	73.1	97.7	85.9	744.1
2014	32.2	42.9	75.5	92.6	88.5	38.8	19.1	30.5	45.2	72.8	102.4	58.2	698.7
2015	24.9	11.5	77.0	60.4	37.2	32.1	49.6	15.8	27.0	24.3	91.9	2.7	454.4
2016	5.7	38.8	41.3	135.9	81.3	29.1	50.7	57.9	52.8	27.6	142.6	90.3	754.0
2017	28.8	25.3	152.1	53.7	170.0	76.6	33.5	59.0	23.3	70.7	125.3	54.1	872.4
2018	38.6	31.8	119.6	176.2	163.8	49.7	42.3	35.7	28.2	69.1i	106.4	0.4	861.8
2019	19.5	11.7	83.4	105.5	115.1	49.1	38.9	29.6	29.9	79.5	88.4	47.2	697.8
2020	9.3	46.0	82.5	49.2i		61.3i	112.7	53.8	43.9	17.0			475.7
MED	22.0	40.7	77.8	100.1	101.1	60.0	43.1	40.3	42.9	80.4	93.2	48.6	750.2
MAX	59.1	147.0	152.1	235.3	203.7	162.9	112.7	84.3	90.6	183.3	209.4	116.2	235.3
MIN	1.4	4.8	7.3	9.6	15.1	17.7	18.8	10.4	9.7	8.9	24.9	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

Ilustración 23. IDF estación Saucedal II



Fuente: EAAB.

Tabla 22. Caudales para las tuberías de la tipología número 1

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
ZONA VERDE	2643.40	0.34	15.79
SENDERO	484.59	0.88	7.49

Fuente: Propia

Tabla 23. Cálculo de los colectores de la tipología número 1

DESCRIPCIÓN GENERAL									CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j										
BIO 1	CAJA 1	23.28	0.0233								
BIO 1	CAJA 1	11.64	0.0116	PVC_ALC	0.010	160	0.145	0.60%	0.014	0.85	0.22

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIÓN Q/Qo	RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Q/Qo	Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t_o	t (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j									
BIO 1	CAJA 1									
BIO 1	CAJA 1	0.83	0.775	1.00	0.85	0.78	0.114	0.81	1.21	0.26

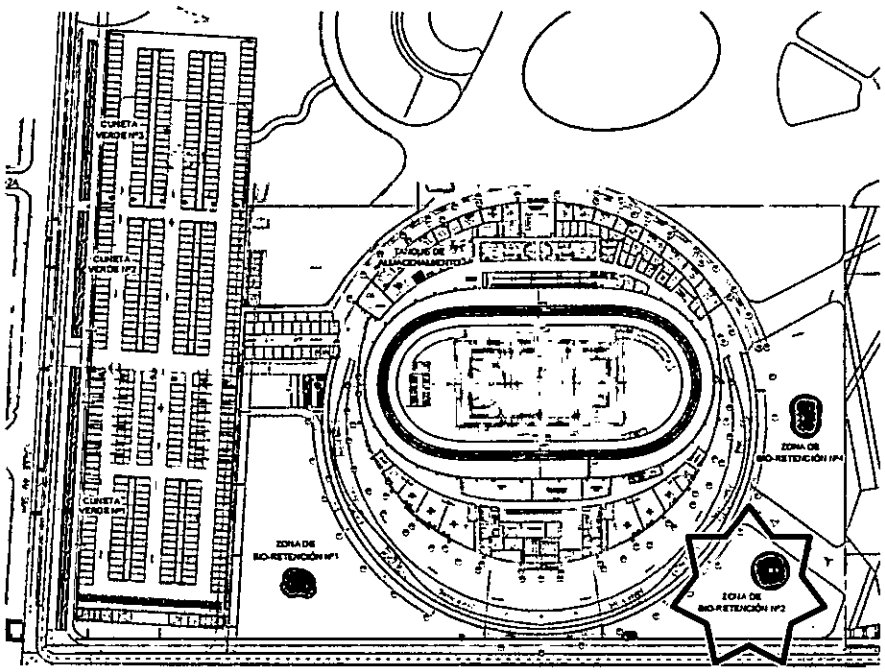
DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
Punto		Longitud (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)	Cota Batea Final (m)
Nodo i	Nodo j							
BIO 1	CAJA 1							
BIO 1	CAJA 1	27.00	2541.56	2541.36	2541.26	2541.56	2541.20	2541.04

Fuente: Propia

6.2 Tipología número 2 – zona de bioretención

La tipología SUDS número 2 se encuentra localizada en la zona sureste del proyecto como se muestra en la Ilustración 24, este se compone de una zona de bio-retención a la cual descargan áreas duras y áreas verdes, que descargará por medio de tubería, cajas o pozos a las redes pluviales.

Ilustración 24. Localización tipología de SUDS número 2



Fuente: Propia

6.2.1 Coeficientes de escorrentía zona de bio-retención 2

Los coeficientes de escorrentía se tomaron de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para las zonas verdes se tomó un coeficiente de 0.34 y para las zonas duras peatonales un coeficiente de 0.88, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 24. Coeficientes de escorrentía zona de bio-retención 2

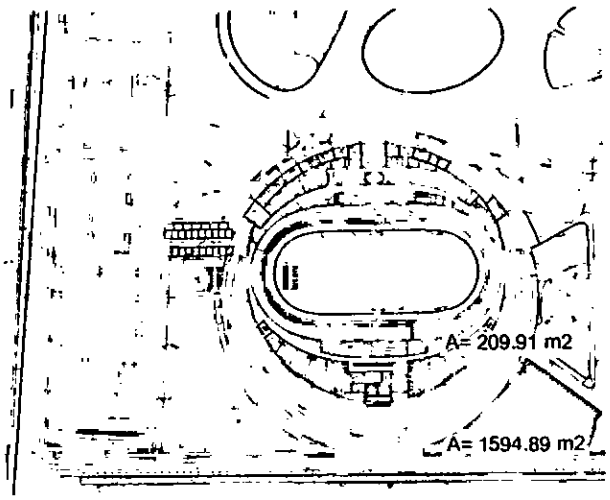
Características de la superficie	Período de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas					
Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.2.2 Áreas de recolección

Para la tipología número 2 se seleccionaron 2 áreas específicas, la zona verde en la cual se implementará la tipología SUDS con un área de 1594.89m^2 y el corredor con un área de 209.91m^2 como puede verse en la siguiente ilustración:

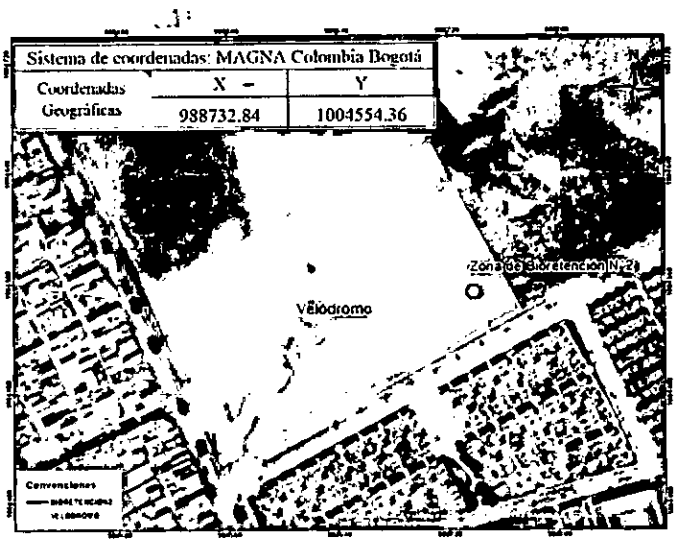
Ilustración 25. Áreas de recolección para la tipología SUDS número 2



Fuente: Arquitectura.

6.2.3 Diseño zona de bioretención número 2

Ilustración 26. Localización zona de Bio-retención N°2



Fuente: Propia

1233

Las coordenadas Magna Colombia Bogotá para la zona de bio-retención número 2 son:

Tabla 25. Coordenadas para la zona de Bio-retención N°2

Sistema de coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá		
Coordenadas Geográficas	X	Y
	988732.84	1004554.36

Fuente: NS-166 EAAB.

Las áreas de recolección y coeficientes de impermeabilidad para la zona de bio-retención número 2 son:

Tabla 26. Coeficientes de impermeabilidad y áreas aferentes para la zona de Bio-retención N°2

AREAS	C	A_d (m^2)	CA_d
Área 1	0.34	1594.89	542.2626
Área 2	0.88	209.91	184.7208
		1804.80	726.9834

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 27. Volumen de diseño para la zona de Bio-retención N°2

h_p (mm)	15.14
V_c (m^3)	11.01

Fuente: NS-166 EAAB.

Para el diseño que se va a realizar por la metodología Denver, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Profundidad de diseño (d):** Considerando la bibliografía existente, la profundidad máxima de diseño es de 30 cm. Por lo cual para el diseño que se va a desarrollar para el área en estudio es de 30 cm (0.30 metros).
- **Pendiente lateral máxima Z:1 (Z):** 4.
- **Área de fondo (Af):** Para el cálculo del área de fondo se aplicó la siguiente ecuación:

$$A_{fmin} = \frac{2}{3} * \frac{Vc}{d}$$

$$A_{fmin} = \frac{2}{3} * \frac{11.01m^3}{0.30m}$$

$$A_{fmin} = 24.47\ m^2$$

- **Área superficial de la estructura (As):** 83.36 m^2.
- **Profundidad del sustrato (dm):** 0.50 metros.

1234

- **Tipo de capa filtrante:** Se seleccionó geomembrana debido a que la tipología no va a presentar infiltración en el terreno.

Los valores tomados para cada uno de los parámetros relacionados previamente, fueron asignados teniendo en cuenta el dato mínimo recomendado por la NS-166: "CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)". Lo anterior, considerando las características del suelo.

Tabla 28. Cálculo zona de bio-retención número 2

Dimensiones		
Volumen de calidad de diseño (V_c)	m^3	11.01
Profundidad de diseño (d)	m	0.30
Condición de profundidad máxima	-	Cumple
Pendiente lateral máxima Z:1 (Z)	-	4.00
Condición de pendiente lateral	-	Cumple
Área de fondo (A_f)	m^2	24.82
Condición de Área mínima de fondo	-	Cumple
Área superficial de la estructura (A_s)	m^2	83.36
Volumen total (V)	m^3	16.23
Condición de volumen mínimo	-	Cumple
Sustrato		
Profundidad del sustrato (d_m)	m	0.5
Condición de profundidad mínima	-	Cumple
Capa filtrante		
Tipo de capa filtrante		Geotextil

Fuente: NS-166 EAAB.

6.2.4 Materiales para la zona de bio-retención número 2

- **Geomembrana:** se implementará una geomembrana de Policloruro de Vinilo (PVC), que evite el cruce del agua al suelo.

Ilustración 27. Geomembrana de Policloruro de Vinilo para la zona de bio-retención número 2



Fuente: Geoandes[9]

- **Sustrato:** se implementará un suelo limo arenoso, con conductividad hidráulica entre 50 y 300 milímetros/hora.

Ilustración 28. Sustrato para la zona de bio-retención número 2



Fuente: Fertilab[10]

- **Enrocado de entrada:** Se implementará un enrocado entre 7 y 15 centímetros de diámetro, para disminuir la velocidad del caudal de entrada a la zona de Bio-retención.

Ilustración 29. Enrocado de entrada para la zona de bio-retención número 2



Fuente: SuD Sostenible[11]

[9] Geoandes. Consultado 17 de noviembre de 2022 en: https://acortar.link/zVwAYI
[10] Fertilab. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: https://www.fertilab.com.mx/blog/309-la-textura-y-la-fertilidad-del-suelo/
[11] SuD Sostenible. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: http://sudsostenible.com/consideraciones-enel-diseno-de-las-areas-de-biorretencion/

- **Vegetación:** las plantas seleccionadas a implementar, se clasifican según su requerimiento hídrico como Higrófitas, las cuales son exclusivas de ambientes húmedos, y se caracterizan por recibir de la atmósfera y del suelo un abastecimiento abundante de agua.

    - **Suelda Consuelda (Tradescantia fluminensis):** estas plantas crecen entre 30cm y 70cm de largo, sushojas son color morado, verde y gris.

Ilustración 30. Vegetación – Suelda Consuelda para la zona de bio-retención número 2



Fuente: Jardín Botánico Los Gajos[12]

- **Junco (juncus):** su tamaño llega hasta los 90 cm, es de suelos húmedos, su hoja es alargada y recta.

Ilustración 31. Vegetación – junco para la zona de bio-retención número 2



Fuente: JardineríaOn[13]

Adicionalmente para la zona del talud se utilizará pasto cola de zorro , con el fin de garantizar un mantenimiento óptimo.

Ilustración 32. Vegetación – pasto cola de zorro para la zona de bio-retención número 2



Fuente: ResearchGate[14]

[12] Jardín Botánico Los Gajos. Consultado 15 de septiembre de 2021 en: http://www.losgajos.com/jardin/articulo/68/siempreviva-(cucaracha)

[13] JardineríaOn. Consultado 15 de septiembre de 2021 en: https://www.jardineriaon.com/junco.html

[14] ResearchGate. Consultado 15 de octubre de 2021 en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Pasto-Aleman-Echinochloa-polystachya-comun-en-zonas-de-terrenos-inundados-la_fig1_280082284

6.2.5 Diseño de tuberías de alcantarillado para la tipología número 2

Para el tramo de tubería que hace parte de la descarga de la tipología implementada, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

- **Periodo de retorno:** Para el área seleccionada se tomó un periodo de retorno para diseño de 5 años debido a que hace parte de redes locales y secundarias en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.

Tabla 29. Periodo de retorno mínimo según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Periodo de retorno para diseño (años)
Tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.	5
Tramos de la red troncal de alcantarillado, zonas comerciales de alto valor e infraestructura especial como Aeropuertos, Hospitales, Centros de emergencia y Deprimidos Viales.	10
Canales abiertos y adecuación de cauces de ríos y quebradas de cualquier área.	100

Fuente: NS-085 EAAB

- **Caudal de diseño:** Se realizará por el método racional, debido a que el área de aporte no supera las 80 Ha.
- **Coeficiente de escorrentía:** Se toma para las zonas verdes un coeficiente de 0.34 y para las zonas de senderos un coeficiente de 0.88 como se describió anteriormente.
- **Tiempo de concentración:** Se toma como mínimo de 15 minutos de acuerdo a la norma NS-085 para tramos iniciales.
- **Coeficiente de rugosidad de Manning:** Para los conductos se utilizará tubería PVC por lo que el coeficiente seleccionado es de 0.010.

Tabla 30. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material*	Material	n
Interior Liso	Tubería de PVC. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). Tubería con recubrimientos epóxidos o similares.	0.010
Interior Semi-rugoso	Tubería de concreto prefabricado. Tubería de GRES.	0.013

Fuente: NS-085 EAAB

- **Velocidad mínima:** Para el alcantarillado pluvial, será tal que garantice el valor del esfuerzo cortante medio mayor a 1 N/m2 de acuerdo con la normativa de la EAAB.
- **Velocidad máxima:** Será máximo de 9 m/s debido a que la tubería a utilizar es PVC.

Tabla 31. Velocidad máxima permisible

Material	Velocidad máxima permisible (m/s)*
Conductos cerrados	
Concreto fundido *in situ (box culvert)*	5.0
Concreto prefabricado (tuberías)	6.0
PVC - PEAD*	9.0
Fibra de vidrio GRP.	4.0

Fuente: NS-085 EAAB

- **Intensidad:** De acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, se tiene una intensidad de 63.20 mm/hr. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 22), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21, de esta información se creó la IDF.

Tabla 32. Cálculo de cárcamo número 1 que descarga a la tipología número 2

DIMENSIONAMIENTO DE CÁRCAMOS EXTERIORES									
Cárcamo	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)	Ancho (b)	Pendiente Lateral 1 (z)	Pendiente Longitudinal	Coeficiente de Manning (n)	Yn	Y del cárcamo
Cárcamo No. 1	412.87	0.88	12.77	0.20	0.00	0.30%	0.015	0.12	0.20
Cárcamo No. 1 - BIO 2	209.91	0.88	3.45	0.20	0.00	0.30%	0.015	0.05	0.20

DIMENSIONAMIENTO DE CÁRCAMOS EXTERIORES						
Cárcamo	Velocidad (m/s)	Longitud	Nivel Rasante Inicial	Nivel Fondo Inicial	Nivel Rasante Final	Nivel Fondo Final
Cárcamo No. 1	0.005	16.22	2542.48	2542.28	2542.48	2542.23
Cárcamo No. 1 - BIO 2	0.017	8.11	2542.48	2542.28	2542.48	2542.26

Fuente: Propia

Tabla 33. Caudales para las tuberías de la tipología número 2

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
ZONA VERDE	1594.89	0.34	9.53
SENDERO	209.91	0.88	3.25

Fuente: Propia

Tabla 34. Cálculo de los colectores de la tipología número 2

DESCRIPCIÓN GENERAL									CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j										
BIO 2	CAJA 2	12.77	0.0128								
BIO 2	CAJA 2	4.26	0.0043	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.70%	0.005	0.71	0.17
CÁRCAMO 1	BIO 2	3.25	0.0032	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.70%	0.005	0.71	0.17

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIÓN Q/Qo	RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Q/Qo	Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t_o	t (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j									
BIO 2	CAJA 2									
BIO 2	CAJA 2	0.78	0.735	0.98	0.70	0.70	0.069	0.85	1.20	0.21
CÁRCAMO 1	BIO 2	0.59	0.619	0.91	0.64	0.53	0.052	0.90	1.13	0.20

DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
Punto		Longitud (m)	Cota rasante inicial (m)	Cota Clave inicial (m)	Cota Batea inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)	Cota Batea Final (m)
Nodo i	Nodo j							
BIO 2	CAJA 2							
BIO 2	CAJA 2	24.00	2542.80	2542.10	2542.00	2542.80	2541.93	2541.83
CÁRCAMO 1	BIO 2	20.06	2542.48	2542.36	2542.26	2542.80	2542.20	2542.10

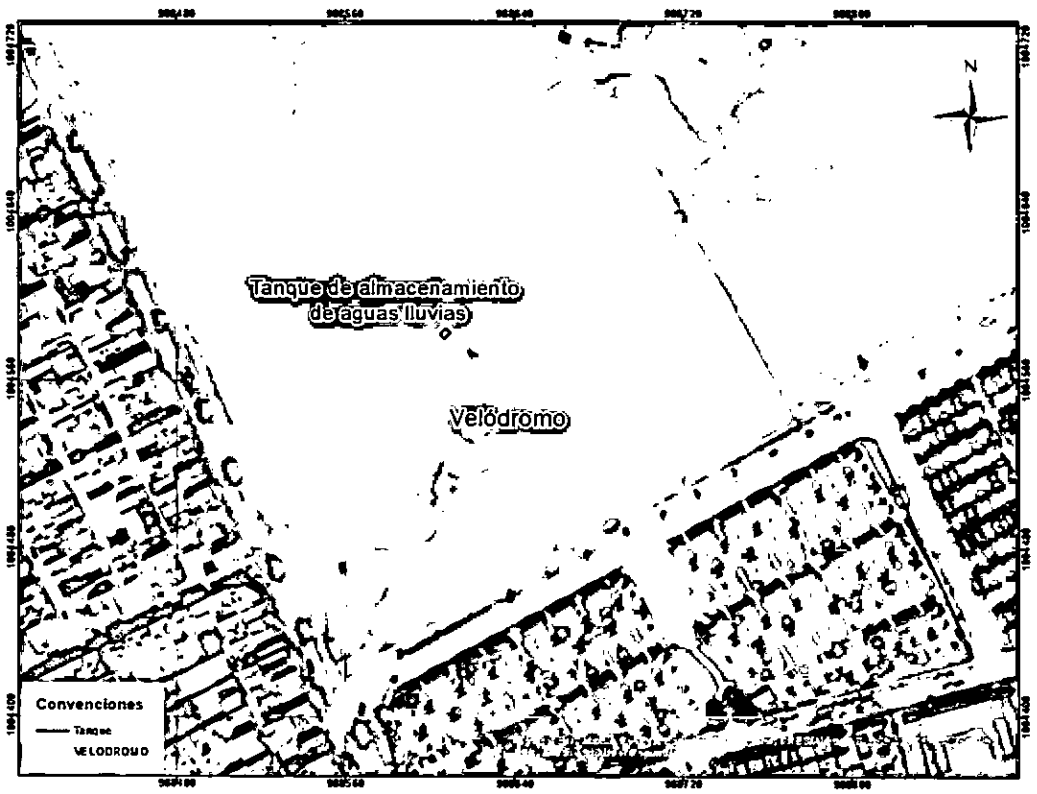
Fuente: Propia

6.3 Tanque de almacenamiento de aguas lluvias.

El tanque de almacenamiento de aguas lluvias, se diseña como una tipología individual, este se encuentra ubicado en la planta del primer piso de la edificación (ver Ilustración 33) y será utilizado para reutilizar aguas lluvias para los aparatos sanitarios que no requieren de agua potable para su funcionamiento. En este ítem se verificará únicamente la tipología del tanque de almacenamiento, para verificar las demás estructuras adyacentes, se debe cotejar la memoria del diseño hidrosanitario. Se debe tener en cuenta,

que las áreas no manejadas por la tipología del tanque, se encuentran dentro del diseño hidrosanitario. Dichas aguas que se generan de estas zonas, serán entregadas al alcantarillado pluvial propuesto para el proyecto.

Ilustración 33. Localización de tanque de almacenamiento de aguas lluvias



Fuente: Propia

6.3.1 Coeficientes de escorrentía tanque de almacenamiento de aguas lluvias

El coeficiente de escorrentía se tomó de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para las cubiertas se seleccionó un coeficiente de 0.88, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 35. Coeficientes de escorrentía tanque de almacenamiento de aguas lluvias

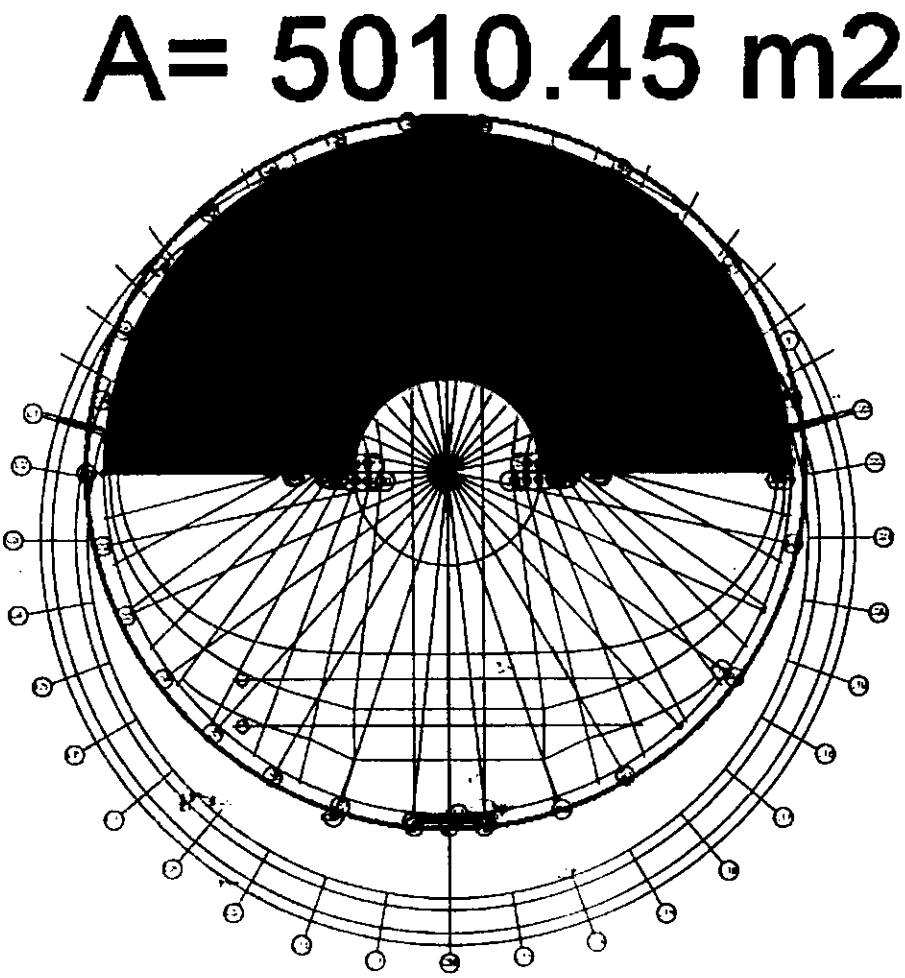
Características de la superficie		Período de retorno (años)				
		5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas						
	Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
	Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
	Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
	Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
	Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
	Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
	Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
	Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
	Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
	Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
	Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
	Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
	Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.3.2 Áreas de recolección

Para la tipología SUDS se seleccionó una parte del área de la cubierta del proyecto, con un área de 5010.45 m^2 como puede verse en la siguiente ilustración:

Ilustración 34.Área de recolección para la tipología del tanque de almacenamiento de aguas lluvias

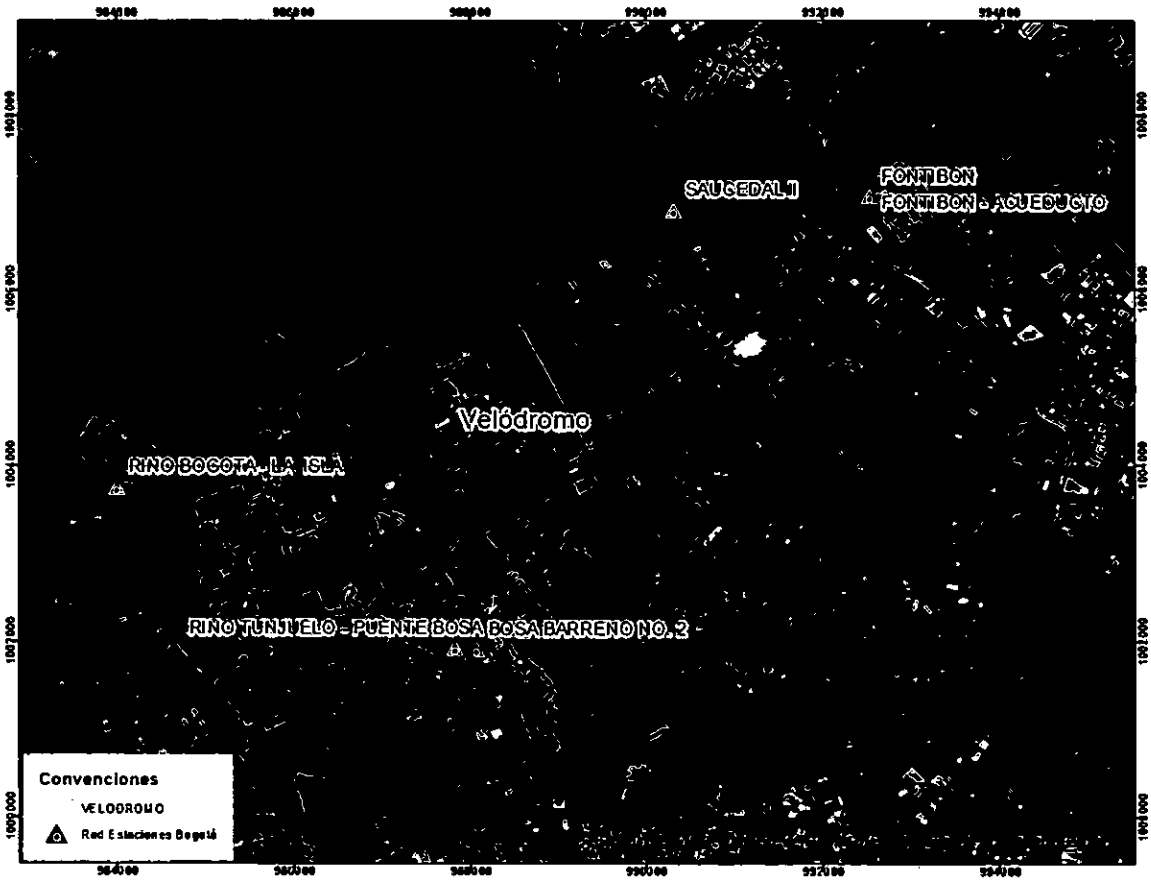


Fuente: Arquitectura.

6.3.3 Precipitación de lluvia para el tanque de almacenamiento

Para la verificación de la precipitación de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 35), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 36, utilizada para el cálculo de almacenamiento de agua lluvia.

Ilustración 35. Localización de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.



Fuente: EAAB.

Tabla 36. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990					49.0a	40.3r	23.8r	28.3r	38.8r	113.1r	91.3r	64.5r	449.1
1991	11.6r	4.8r	88.4i	34.1i	130.0r	24.4r	27.2r	31.4r	55.7r	8.9i	78.6r	37.5r	532.6
1992	15.0r	26.9r	17.6r	38.1r	43.1r	26.2r	18.8r	32.0r	46.7r	22.8r	82.7r	25.7	395.6
1993	32.1r	19.9r	90.8r	145.4	104.7r	17.7r	39.2r	31.0r	44.4r	27.3r	137.3	22.9	712.7
1994	34.3r	59.6r	104.6r	95.3	66.3i	44.6r	20.8r	35.1r	31.2r	102.3r	108.5r	10.9r	713.5
1995	2.2r	11.1r	116.6r	115.8r	44.0r	128.0r	42.0r	60.4r	44.3r	84.5r	75.2r	62.8r	786.9
1996	45.4r	58.3r	51.7r	93.2r	127.7r	83.4r	62.9r	50.6r	33.7r	83.6r	74.1r	39.5ª	804.1
1997	59.1r	14.8r	40.2	52.1r	49.0r	94.9r	19.9r	10.4r	29.0r	57.3r	66.2r	1.6r	494.5
1998	9.0r	59.4r	7.3r	91.8r	129.1r	39.4r	55.0r	67.9i	81.7r	101.1r	41.0r	50.8r	733.5
1999	36.0r	87.3r	54.4r	58.8r	66.8r	111.1r	23.3r	48.2i	90.6r	85.6r	90.4r	67.3r	819.8
2000	25.9	147.0	58.2	52.5	104.6	68.6	45.5	51.9	89.8	47.5	32.8	27.0	751.3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001	8.4	17.9	38.8	9.6	83.2	35.9	30.6	14.1	52.9	36.9g	45.5	62.7	436.5
2002	14.8	16.3	100.2	140.6	85.5	74.7	19.9	25.2	25.6	56.4	40.3	34.6	634.1
2003	2.7	11.0	75.6	71.4	31.0	59.2	31.1	37.6	50.7	75.9	68.0	20.7	534.9
2004	21.9r	44.6r	39.8r	164.8r	118.0r	52.9r	68.0r	25.4r	43.4r	159.2r	72.9r	21.2r	832.1
2005	18.5r	35.4r	61.5r	100.5r	156.1r	32.2r	49.5r	55.4r	79.0r	111.1r	59.5r	75.3r	834.0
2006	39.4r	8.4r	130.0r	111.7r	160.7r	95.0r	24.0r	30.5r	43.1r	183.3r	126.4r	18.7r	971.2
2007	3.5r	15.1r	38.7r	160.9r	103.8r	66.2r	44.4r	84.3r	17.8r	142.9r	80.7r	106.0r	864.3
2008	23.3r	72.5r	136.8i	125.9r	202.0i	162.9r	64.6i	66.0i	49.4r	161.6i	146.1i	77.8i	1 288.9
2009	21.2r	77.0r	128.8r	72.4i	15.1r	71.4r	32.7r	28.9r	12.9r	104.1r	114.8	34.1	713.4
2010	1.4	11.8	32.1	120.0	203.7a	93.7	104.5	34.0	35.1i	83.3	209.4	114.3	1 043.3
2011	41.7	65.6	115.7	152.6	114.8	44.2	41.4	43.2	52.1	106.9	174.5	116.2	1 068.9
2012	31.2	78.5	92.8	235.3	81.8	33.4	48.7	34.0	9.7	101.3	24.9	27.2	798.8
2013	3.1	69.9	80.6	87.4	108.0	23.3	50.2	42.6	22.3	73.1	97.7	85.9	744.1
2014	32.2	42.9	75.5	92.6	88.5	38.8	19.1	30.5	45.2	72.8	102.4	58.2	698.7
2015	24.9	11.5	77.0	60.4	37.2	32.1	49.6	15.8	27.0	24.3	91.9	2.7	454.4
2016	5.7	38.8	41.3	135.9	81.3	29.1	50.7	57.9	52.8	27.6	142.6	90.3	754.0
2017	28.8	25.3	152.1	53.7	170.0	76.6	33.5	59.0	23.3	70.7	125.3	54.1	872.4
2018	38.6	31.8	119.6	176.2	163.8	49.7	42.3	35.7	28.2	69.1i	106.4	0.4	861.8
2019	19.5	11.7	83.4	105.5	115.1	49.1	38.9	29.6	29.9	79.5	88.4	47.2	697.8
2020	9.3	46.0	82.5	49.2i		61.3i	112.7	53.8	43.9	17.0			475.7
MED	22.0	40.7	77.8	100.1	101.1	60.0	43.1	40.3	42.9	80.4	93.2	48.6	750.2
MAX	59.1	147.0	152.1	235.3	203.7	162.9	112.7	84.3	90.6	183.3	209.4	116.2	235.3
MIN	1.4	4.8	7.3	9.6	15.1	17.7	18.8	10.4	9.7	8.9	24.9	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

6.3.4 Diseño tanque de almacenamiento

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. Después, se calcula la profundidad de lluvia promedio en la zona. Para esto, se utiliza el registro histórico mensual multianual de precipitación de la estación Saucedal II, de la cual, se establece un promedio mensual multianual considerando la información disponible desde el año 1990 hasta el 2020 (Ver Tabla 36).

Tabla 37. Promedio de precipitación mensual

Mes	Precipitación *(P)*
-	mm
Enero	22.00
Febrero	40.70
Marzo	77.80
Abril	100.10
Mayo	101.10
Junio	60.00

1245

Mes	Precipitación *(P)*
Julio	43.10
Agosto	40.30
Septiembre	42.90
Octubre	80.40
Noviembre	93.20
Diciembre	48.60

Fuente: NS-166 EAAB.

A partir de los datos de precipitación promedio mensual, se calcula el valor de la escorrentía (Ver Tabla 39), que puede ser captada por el tanque de almacenamiento, empleando la siguiente ecuación:

$$Esc = P * C * A^{15}$$

Dónde:
Esc= es la escorrentía mensual (m^3).
P= es la precipitación mensual (m).
C= es el coeficiente de escorrentía (adimensional).
A= es el área de recolección (m^2).

Tabla 38. Variables de diseño para el tanque de almacenamiento

Variable	*Unidad*	*Valor*
Área (A_d)	m^2	5010.45
Coeficiente (C)	-	0.88

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 39. Cálculo de escorrentía promedio mensual

Mes	Precipitación *(P)*	Escorrentía *(Esc)*
-	mm	m^3
Enero	22.00	97.00
Febrero	40.70	179.45
Marzo	77.80	343.04
Abril	100.10	441.36
Mayo	101.10	445.77
Junio	60.00	264.55
Julio	43.10	190.04

[15] (Department of Water - Government of Western Australia, 2007)

Mes	Precipitación *(P)*	Escorrentía *(Esc)*
-	mm	m^3
Agosto	40.30	177.69
Septiembre	42.90	189.15
Octubre	80.40	354.50
Noviembre	93.20	410.94
Diciembre	48.60	214.29

Fuente: NS-166 EAAB.

De acuerdo con lo indicado por el diseñador de las redes hidrosanitarias el requerimiento para almacenamiento de agua lluvia es de 50.00 m^3.

Es por esto, que se realiza el cálculo para un tanque de almacenamiento de 50.00 m^3. La metodología, se basa en emplear la información de precipitación mensual y asumir que, al inicio del mes de enero, el volumen de agua en el tanque es de cero.

Seguido, se calcula el volumen de agua remanente y la descarga de excesos con las siguientes ecuaciones:

$$V_r = V_{r-1} + (Esc - Dem) - Q_{ex}$$ [16]

Dónde:

Vr= volumen de agua remanente al final del mes (m^3)
V(r-1)= volumen de agua remanente al final del mes anterior (m^3)
Esc= escorrentía (m^3)
Dem= demanda (m^3)
Qex= descarga de excesos (m^3)

$$Q_{ex} = V_{r-1} + Esc - Dem - V$$ [17]

Dónde:
Q_ex= descarga de excesos (m3)
V_(r-1)= volumen de agua remanente al final del mes anterior (m3)
Esc= escorrentía (m3)
Dem= demanda (m3)
V= volumen del tanque (m3)
Estas ecuaciones, permiten relacionar el volumen propuesto para el tanque, con una demanda que debe ser suplida, como se puede ver a continuación:

[16] (Department of Water - Government of Western Australia, 2007)
[17] (Department of Water - Government of Western Australia, 2007)

Tabla 40. Dimensionamiento del tanque de agua lluvia

Variable	Mes	Volumen de agua remanente al final del mes anterior (V_{r-1})	Escorrentía (*Esc*)	Demanda (*Dem*)	Volumen de agua remanente al final del mes (V_r)	Descarga de excesos (Q_{ex})	Volumen del tanque (*V*)
Unidad	-	m³	m³	m³	m³	m³	m³
Valor					0.00		1500.00
	Enero	0.00	97.00	1500.00	-1403.00	0.00	
	Febrero	-1403.00	179.45	1500.00	-2723.54	0.00	
	Marzo	-2723.54	343.04	1500.00	-3880.51	0.00	
	Abril	-3880.51	441.36	1500.00	-4939.15	0.00	
	Mayo	-4939.15	445.77	1500.00	-5993.38	0.00	
	Junio	-5993.38	264.55	1500.00	-7228.83	0.00	
	Julio	-7228.83	190.04	1500.00	-8538.79	0.00	
	Agosto	-8538.79	177.69	1500.00	-9861.10	0.00	
	Septiembre	-9861.10	189.15	1500.00	-11171.94	0.00	
	Octubre	-11171.94	354.50	1500.00	-12317.45	0.00	
	Noviembre	-12317.45	410.94	1500.00	-13406.51	0.00	
	Diciembre	-13406.51	214.29	1500.00	-14692.22	0.00	
Condición	-	No cumple	3307.78	18000.00	No cumple	-	
Considera-ciones	Información de precipitación mensual. Inicia en el mes más húmedo	Obtenido del balance de masa propuesto por el manual para el mes anterior	Parámetro de entrada, dependiente de cálculos hidrológicos	Parámetro de entrada, depende del uso que tendrá el agua	Obtenido del balance de masa. Tiene en cuenta pérdidas por descargas en exceso	Volumen de agua que sobrepasa el volumen almacenado	Abastecer a partir de una fuente diferente

Fuente: NS-166 EAAB.

De acuerdo con la información suministrada por el diseñador hidrosanitario, el volumen diario requerido para suplir la demanda de reutilización de aguas lluvias es de 50.00 m³, lo que equivale a una demanda mensual de 1500.00 m³. Todo el sistema representa una demanda anual de 18.000 m³, sin embargo, la oferta anual de lluvia es de 3707.78 m³, por lo que el déficit por baja oferta es de 14292.22 m³ anual, que deberá ser suplido por el sistema de agua potable para que el sistema funcione debidamente cada año. La estructura no requiere de una estructura de pretratamiento para su implementación.

Adicionalmente, se realiza una matriz para determinar el mejor material para la implementación de este tipo de tipología en el proyecto, que como puede verificarse en la siguiente tabla, el material más optimo es el concreto.

Tabla 41. Matriz de selección de material del tanque de aguas lluvias

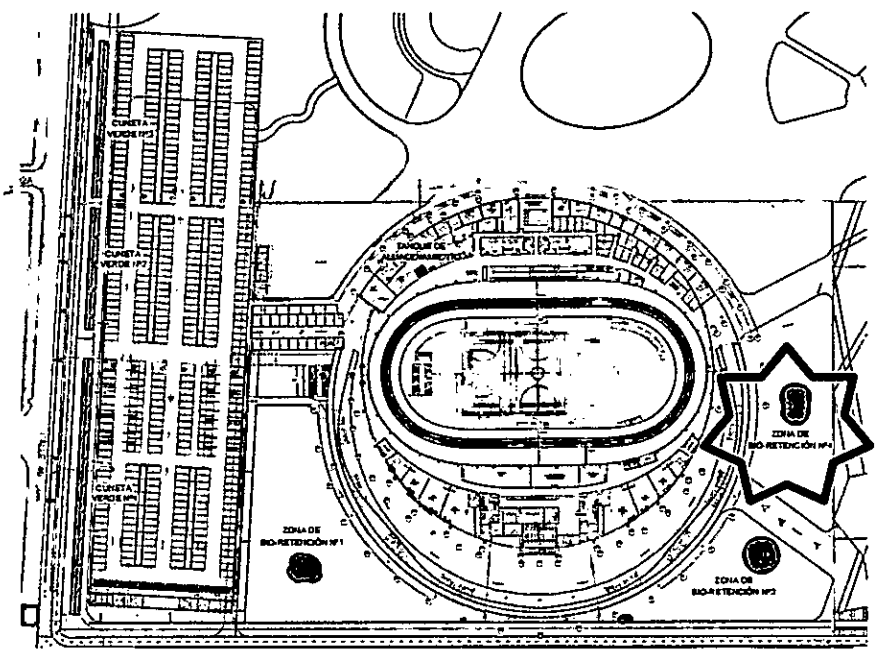
Sistema	Tipo	Costo	Observación	Mercado	Observación	Facilidad de instalación	Observación	Ponderado
Tanque de almacenamiento de aguas lluvias	Concreto	4	Estabilidad, funcionalidad, mantenimiento y entorno.	5	Estructura a implementar en espacios cerrados y con poco espacio	5	Durabilidad	4.7
	Plástico	4	Estabilidad, funcionalidad, mantenimiento y entorno.	3	Estructura a implementar en espacios cerrados y con poco espacio	3	Durabilidad	3.3
	Metálico	3	Estabilidad, funcionalidad, mantenimiento y entorno.	2	Estructura a implementar en espacios cerrados y con poco espacio	4	Durabilidad	3.0

Fuente: propia.

6.4. Tipología número 4 – zona de bioretención

La tipología SUDS número 4 se encuentra localizada en la zona este del proyecto como se muestra en la Ilustración 36, este se compone de una zona de bio-retención a la cual descargan áreas duras y áreas verdes, que descargará por medio de tubería, cajas o pozos a las redes pluviales.

Ilustración 36. Localización tipología de SUDS número 4



Fuente: Propia

6.4.1. Coeficientes de escorrentía zona de bio-retención 4

Los coeficientes de escorrentía se tomaron de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para las zonas verdes se tomó un coeficiente de 0.34 y para las zonas duras peatonales un coeficiente de 0.88, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 42. Coeficientes de escorrentía zona de bio-retención 4

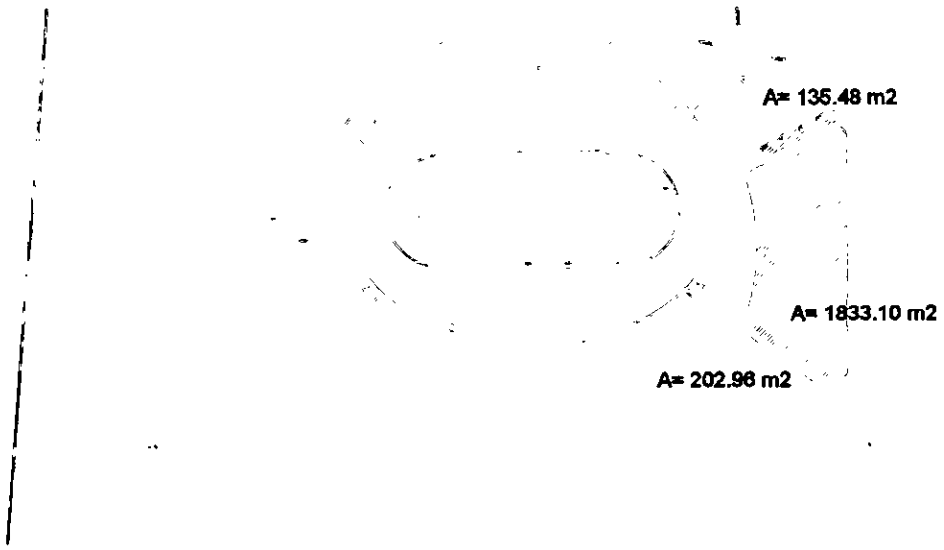
Características de la superficie	Período de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas					
Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.4.2. Áreas de recolección

Para la tipología número 4 se seleccionaron 2 áreas específicas, la zona verde en la cual se implementará la tipología SUDS con un área de 1833.10m^2 y el corredor con un área de 338.44m^2 como puede verse en la siguiente ilustración:

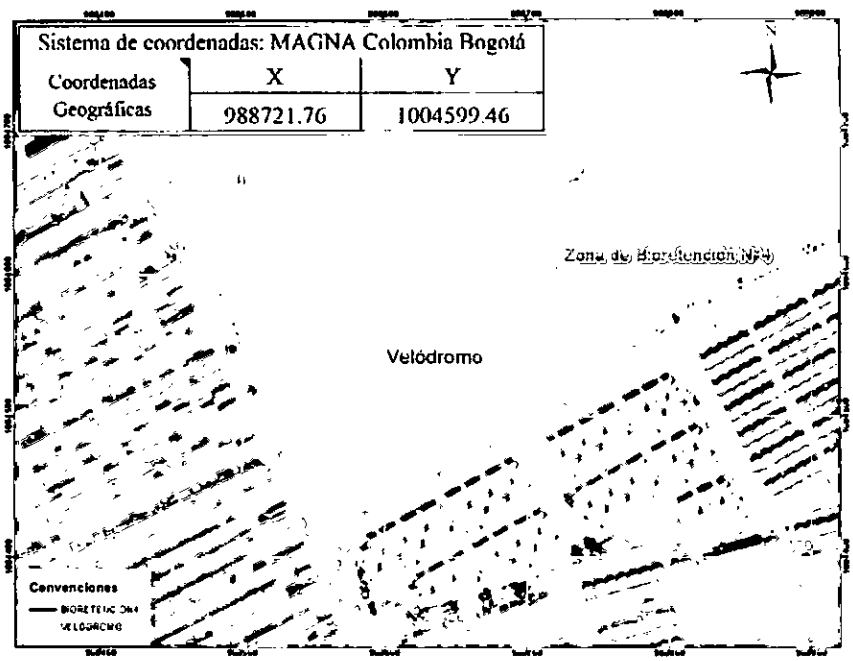
Ilustración 37. Áreas de recolección para la tipología SUDS número 4



Fuente: Arquitectura.

6.4.3. Diseño zona de bioretención número 4

Ilustración 38. Localización zona de Bio-retención N°4



Fuente: Propia

Las coordenadas Magna Colombia Bogotá para la zona de bio-retención número 4 son:

Tabla 43. Coordenadas para la zona de Bio-retención N°4

Sistema de coordenadas: MAGNA Colombia Bogotá		
Coordenadas Geográficas	X	Y
	988721.76	1004599.46

Fuente: NS-166 EAAB.

Las áreas de recolección y coeficientes de impermeabilidad para la zona de bio-retención número 4 son:

Tabla 44. Coeficientes de impermeabilidad y áreas aferentes para la zona de Bio-retención N°4

AREAS	C	A_d (m^2)	CA_d
Área 1	0.34	1833.10	623.254
Área 2	0.88	338.44	297.8272
		2171.54	921.0812

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 45. Volumen de diseño para la zona de Bio-retención N°4

h_p (mm)	15.1216
V_c (m^3)	13.93

Fuente: NS-166 EAAB.

Para el diseño que se va a realizar por la metodología Denver, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Profundidad de diseño (d):** Considerando la bibliografía existente, la profundidad máxima de diseño es de 30 cm. Por lo cual para el diseño que se va a desarrollar para el área en estudio es de 30 cm (0.30 metros).
- **Pendiente lateral máxima Z:1 (Z):** 4.
- **Área de fondo (Af):** Para el cálculo del área de fondo se aplicó la siguiente ecuación:

$$A_{fmin} = \frac{2}{3} * \frac{Vc}{d}$$

$$A_{fmin} = \frac{2}{3} * \frac{13.93m^3}{0.30m}$$

$$A_{fmin} = 30.96\, m^2$$

- **Área superficial de la estructura (As):** 63.23 m^2.
- **Profundidad del sustrato (dm):** 0.50 metros.

1252

- **Tipo de capa filtrante:** Se seleccionó geomembrana debido a que la tipología no va a presentar infiltración en el terreno.

Los valores tomados para cada uno de los parámetros relacionados previamente, fueron asignados teniendo en cuenta el dato mínimo recomendado por la NS-166: "CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)". Lo anterior, considerando las características del suelo.

Tabla 46. Cálculo zona de bio-retención número 4

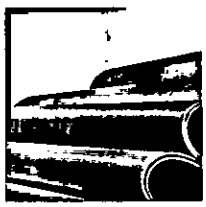
Dimensiones		
Volumen de calidad de diseño (V_c)	m^3	13.93
Profundidad de diseño (d)	m	0.30
Condición de profundidad máxima	-	Cumple
Pendiente lateral máxima Z:1 (Z)	-	4.00
Condición de pendiente lateral	-	Cumple
Área de fondo (A_f)	m^2	30.96
Condición de Área mínima de fondo	-	Cumple
Área superficial de la estructura (A_s)	m^2	63.23
Volumen total (V)	m^3	14.13
Condición de volumen mínimo	-	Cumple
Sustrato		
Profundidad del sustrato (d_m)	m	0.5
Condición de profundidad mínima	-	Cumple
Capa filtrante		
Tipo de capa filtrante		Geotextil

Fuente: NS-166 EAAB.

6.4.4. Materiales para la zona de bio-retención número 4

- **Geomembrana:** se implementará una geomembrana de Policloruro de Vinilo (PVC), que evite el cruce del agua al suelo.

Ilustración 39. Geomembrana de Policloruro de Vinilo para la zona de bio-retención número 4



Fuente: Geoandes[18]

- **Sustrato:** se implementará un suelo limo arenoso, con conductividad hidráulica entre 50 y 300 milímetros/hora.

Ilustración 40. Sustrato para la zona de bio-retención número 4



Fuente: Fertilab[19]

- **Enrocado de entrada:** Se implementará un enrocado entre 7 y 15 centímetros de diámetro, para disminuir la velocidad del caudal de entrada a la zona de Bio-retención.

Ilustración 41. Enrocado de entrada para la zona de bio-retención número 4



Fuente: SuD Sostenible[20]

[18] Geoandes. Consultado 17 de noviembre de 2022 en: https://acortar.link/zVwAYI
[19] Fertilab. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: https://www.fertilab.com.mx/blog/309-la-textura-y-la-fertilidad-del-suelo/
[20] SuD Sostenible. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: http://sudsostenible.com/consideraciones-enel-diseno-de-las-areas-de-biorretencion/

- **Vegetación:** las plantas seleccionadas a implementar, se clasifican según su requerimiento hídrico como Higrófitas, las cuales son exclusivas de ambientes húmedos, y se caracterizan por recibir de la atmósfera y del suelo un abastecimiento abundante de agua.

  - **Suelda Consuelda (Tradescantia fluminensis):** estas plantas crecen entre 30cm y 70cm de largo, sushojas son color morado, verde y gris.

Ilustración 42. Vegetación – Suelda Consuelda para la zona de bio-retención número 4



Fuente: Jardín Botánico Los Gajos[21]

  - **Junco (juncus):** su tamaño llega hasta los 90 cm, es de suelos húmedos, su hoja es alargada y recta.

Ilustración 43. Vegetación – junco para la zona de bio-retención número 4



Fuente: JardineríaOn[22]

Adicionalmente para la zona del talud se utilizará pasto cola de zorro, con el fin de garantizar un mantenimientoóptimo.

Ilustración 44. Vegetación – pasto Cola de Zorro para la zona de bio-retención número 4



Fuente: ResearchGate[23]

[21] Jardín Botánico Los Gajos. Consultado 15 de septiembre de 2021 en: http://www.losgajos.com/jardin/articulo/68/siempreviva-(cucaracha)
[22] JardineríaOn. Consultado 15 de septiembre de 2021 en: https://www.jardineriaon.com/junco.html
[23] ResearchGate. Consultado 15 de octubre de 2021 en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Pasto-Aleman-Echinochloa-polystachya-comun-en-zonas-de-terrenos-inundados-la_fig1_280082284

6.4.5. Diseño de tuberías de alcantarillado para la tipología número 4

Para el tramo de tubería que hace parte de la descarga de la tipología implementada, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

- **Periodo de retorno:** Para el área seleccionada se tomó un periodo de retorno para diseño de 5 años debido a que hace parte de redes locales y secundarias en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.

Tabla 47. Periodo de retorno mínimo según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Periodo de retorno para diseño (años)
Tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.	5
Tramos de la red troncal de alcantarillado, zonas comerciales de alto valor e infraestructura especial como Aeropuertos, Hospitales, Centros de emergencia y Deprimidos Viales.	10
Canales abiertos y adecuación de cauces de ríos y quebradas de cualquier área.	100

Fuente: NS-085 EAAB

- **Caudal de diseño:** Se realizará por el método racional, debido a que el área de aporte no supera las 80 Ha.
- **Coeficiente de escorrentía:** Se toma para las zonas verdes un coeficiente de 0.34 y para las zonas de senderos un coeficiente de 0.88 como se describió anteriormente.
- **Tiempo de concentración:** Se toma como mínimo de 15 minutos de acuerdo a la norma NS-085 para tramos iniciales.
- **Coeficiente de rugosidad de Manning:** Para los conductos se utilizará tubería PVC por lo que el coeficiente seleccionado es de 0.010.

Tabla 48. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material*	Material	n
Interior Liso	Tubería de PVC. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). Tubería con recubrimientos epóxidos o similares.	0.010
Interior Semi-rugoso	Tubería de concreto prefabricado. Tubería de GRES.	0.013

Fuente: NS-085 EAAB

- **Velocidad mínima:** Para el alcantarillado pluvial, será tal que garantice el valor del esfuerzo cortante medio mayor a 1 N/m2 de acuerdo con la normativa de la EAAB.

- **Velocidad máxima:** Será máximo de 9 m/s debido a que la tubería a utilizar es PVC.

Tabla 49. Velocidad máxima permisible

Material	Velocidad máxima permisible (m/s)*
Conductos cerrados	
Concreto fundido *in situ (box culvert)*	5.0
Concreto prefabricado (tuberías)	6.0
PVC - PEAD*	9.0
Fibra de vidrio GRP.	4.0

Fuente: NS-085 EAAB

- **Intensidad:** De acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, se tiene una intensidad de 63.20 mm/hr. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 22), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21, de esta información se creó la IDF.

Tabla 50. Cálculo de cárcamo número 1 y 2 que descarga a la tipología número 4

DIMENSIONAMIENTO DE CÁRCAMOS EXTERIORES									
Cárcamo	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)	Ancho (b)	Pendiente Lateral 1 (z)	Pendiente Longitudinal	Coeficiente de Manning (n)	Yn	Y del cárcamo
Cárcamo No. 1	412.87	0.88	12.77	0.20	0.00	0.30%	0.015	0.12	0.20
Cárcamo No. 1 - BIO 4	202.96	0.88	3.34	0.20	0.00	0.30%	0.015	0.05	0.20
Cárcamo No. 2	270.96	0.88	4.45	0.20	0.00	0.30%	0.015	0.06	0.20
Cárcamo No. 2 - BIO 4	135.48	0.88	2.23	0.20	0.00	0.30%	0.015	0.03	0.20

DIMENSIONAMIENTO DE CÁRCAMOS EXTERIORES						
Cárcamo	Velocidad (m/s)	Longitud	Nivel Rasante Inicial	Nivel Fondo Inicial	Nivel Rasante Final	Nivel Fondo Final
Cárcamo No. 1	0.005	16.22	2542.48	2542.28	2542.48	2542.23
Cárcamo No. 1 - BIO 4	0.018	8.11	2542.48	2542.28	2542.48	2542.26
Cárcamo No. 2	0.013	15.97	2543.43	2543.23	2543.43	2543.18
Cárcamo No. 2 - BIO 4	0.026	7.99	2543.43	2543.23	2543.43	2543.21

Fuente: Propia

Tabla 51. Caudales para las tuberías de la tipología número 4

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
ZONA VERDE	1833.10	0.34	10.95
SENDERO	338.44	0.88	5.23

Fuente: Propia

Tabla 52. Cálculo de los colectores de la tipología número 4

DESCRIPCIÓN GENERAL										CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Acumulado (L/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j											
BIO 4	CAJA 3	16.18	16.18	0.0162								
BIO 4	CAJA 3	8.09	8.09	0.0081	PVC_ALC	0.010	160	0.145	0.50%	0.013	0.77	0.18
CÁRCAMO 1	BIO 4	2.09	2.09	0.0021	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.15%	0.003	0.33	0.04
CÁRCAMO 2	BIO 4	3.14	1.05	0.0010	PVC_ALC	0.010	110	0.099	2.00%	0.009	1.20	0.50

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIÓN Q/Qo	RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Q/Qo	Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t_o	t (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j									
BIO 4	CAJA 3									
BIO 4	CAJA 3	0.63	0.644	0.92	0.72	0.56	0.081	0.80	1.15	0.21
CÁRCAMO 1	BIO 4	0.83	0.768	1.00	0.33	0.77	0.076	0.38	1.21	0.05
CÁRCAMO 2	BIO 4	0.11	0.253	0.55	0.66	0.18	0.018	1.59	0.59	0.29

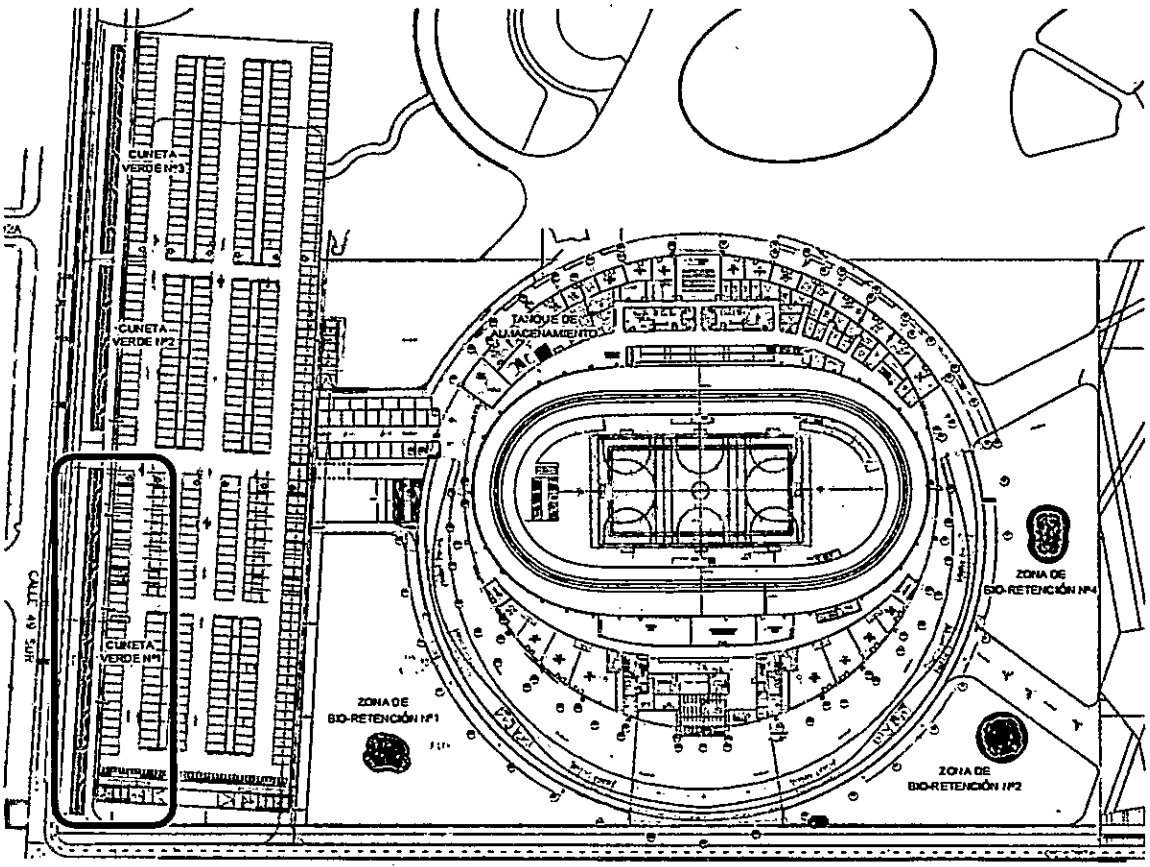
DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
Punto		Longitud (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)	Cota Batea Final (m)
Nodo i	Nodo j							
BIO 4	CAJA 3							
BIO 4	CAJA 3	16.29	2543.32	2542.38	2542.22	2543.32	2542.30	2542.20
CÁRCAMO 1	BIO 4	37.75	2542.48	2542.36	2542.26	2543.32	2542.30	2542.20
CÁRCAMO 2	BIO 4	32.11	2543.43	2543.31	2543.21	2543.32	2542.67	2542.57

Fuente: Propia

6.5. Tipología número 5 – cuneta verde número 1

La tipología SUDS número 5 se encuentra localizada en la zona oeste del proyecto (parqueaderos) como se muestra en la Ilustración 45, esta se compone de una cuneta verde a la cual descargan áreas duras, que descargará por medio de tubería, cajas o pozos a las redes pluviales.

Ilustración 45. Localización cuneta verde número 1



Fuente: Propia

6.5.1. Coeficiente de escorrentía cuneta número 1

El coeficiente de escorrentía se tomó de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para la zona asfáltica se seleccionó un coeficiente de 0.86, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 53. Coeficientes de escorrentía cuneta número 1

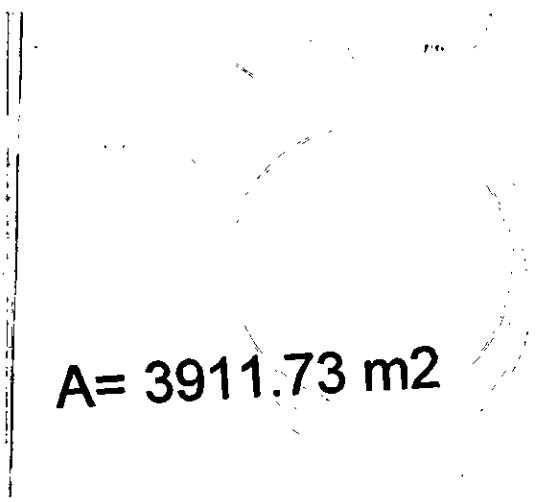
Características de la superficie	Periodo de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas					
Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.5.2. Áreas de recolección cuneta número 1

Para la tipología de cuneta verde número 1 se seleccionó la zona del parqueadero con un área de 3911.73m^2, como puede verse en la siguiente ilustración:

Ilustración 46. Áreas de recolección para la cuneta verde número 1



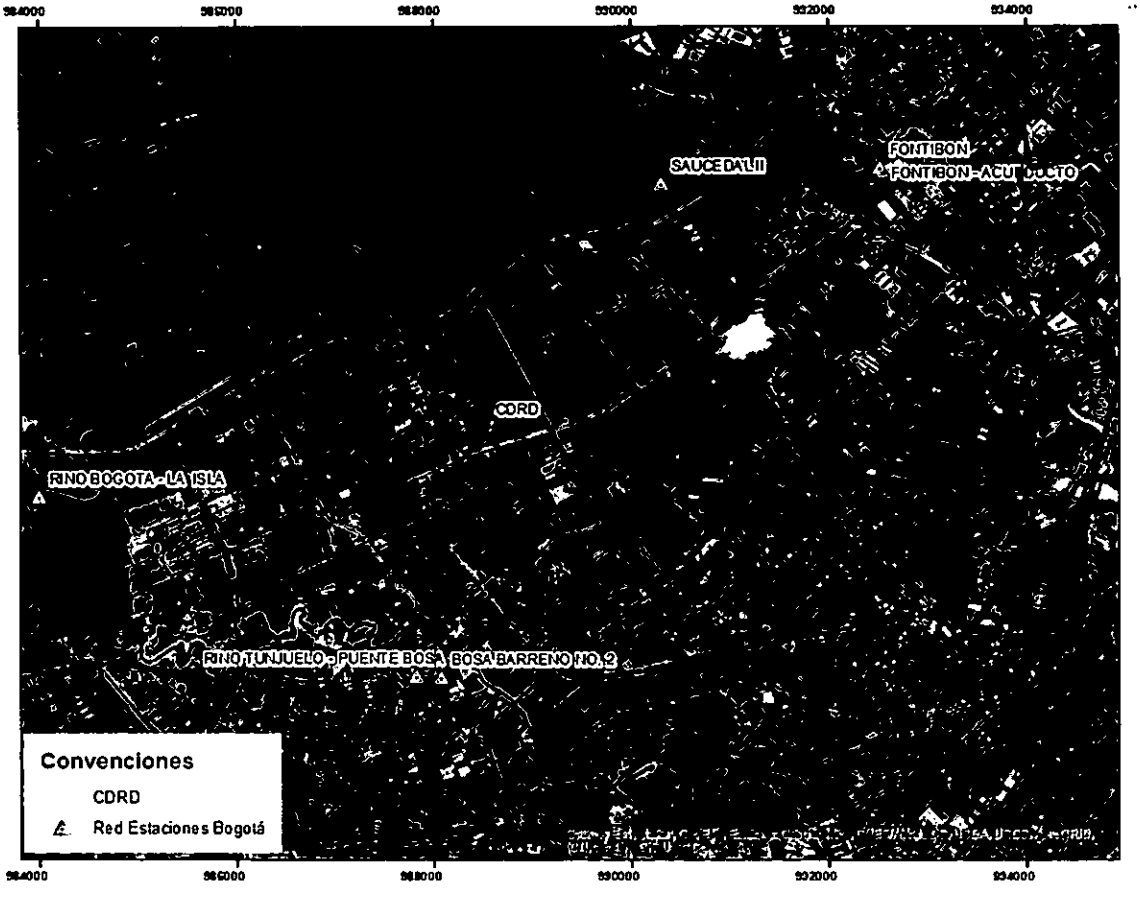
Fuente: Arquitectura.

1260

6.5.3. Intensidad de lluvia para la cuneta verde número 1

Teniendo en cuenta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, en su título D, el tiempo de concentración mínimo corresponde a 10 minutos, el cual a su vez debe contar con un tiempo de entrada mínimo de 5 minutos, lo que equivale a un tiempo de concentración de 15 minutos inicial. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 47), de acuerdo con esto la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 55 y Tabla 56, de esta información se creó la IDF y se seleccionó la intensidad para una duración de 15 minutos y los periodos de lluvia de 3 y 10 años.

Ilustración 47. Localización de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.



Fuente: EAAB

Tabla 54. Datos de precipitación máxima en 24 horas (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				13.7i	13.2i	17.7r	7.2r	9.3r	14.0r	16.6r	23.5r	30.9r	30.9
1991	8.9r	1.0r	19.1i	7.9i	41.6r	12.4r	9.5r	6.4r	15.3r	2.9i	16.6r	12.6r	41.6
1992	9.2r	13.4r	10.3r	9.1r	17.6r	20.1r	4.8r	7.5r	15.5r	11.0r	14.7r	5.2	20.1
1993	16.8r	5.7r	19.1r	25.6	22.0r	4.7r	5.3r	14.3r	12.0r	8.0r	23.7	9.6	25.6
1994	7.8r	14.5r	24.6r	28.3	12.3i	9.2r	4.4r	7.4r	14.5r	28.3r	24.8r	4.4r	28.3
1995	1.3r	5.3r	35.6r	22.4r	12.0r	40.7r	7.6r	15.0r	25.6r	25.3r	16.0r	15.1r	40.7
1996	11.5r	13.0r	16.5r	21.0r	19.3r	32.0r	14.0r	12.9r	13.9r	13.4r	34.0r		34.0
1997	23.5r	4.2r	14.0	13.1r	10.0r	41.0r	8.2r	1.8r	12.5r	27.5r	23.5r	1.3r	41.0
1998	4.9r	31.4r	2.6r	30.6r	28.0r	11.3r	18.2r	21.5i	15.6r	19.5r	11.5r	10.0r	31.4
1999	12.5r	18.1r	16.4r	20.0r	15.1r	15.4r	8.6r	14.0i	22.6r	17.0r	19.0r	39.7r	39.7
2000	18.7r	29.3r	21.8r	26.4r	25.0r	29.2r	16.8r	23.8r	20.4r	10.4r	17.5r	9.2r	29.3
2001	2.5r	5.4r	17.7r	2.9r	13.8r	23.9r	12.9r	3.1r	10.2r		14.7r	23.5r	23.9
2002	5.3	7.0	28.0	43.2	17.0	19.9	5.0	5.7		17.5	7.8	10.5	43.2
2003	2.7	4.0	29.5	19.7	9.2	12.7	9.1	12.5	18.1	16.5	16.5	6.0	29.5
2004	16.1r	20.7r	13.4r	40.3r	27.8r	7.0r	18.3r	6.6r	16.6r	13.6r	16.7r	7.0r	40.3
2005	5.2r	15.0r	15.0r	15.2r	24.6r	5.5r	17.0r	11.0r	23.2r	15.9	17.5r	25.2	25.2
2006	8.8	5.8	18.2	33.6	33.2	11.0	15.7r	9.0	15.0	26.0	23.6	8.7	33.6
2007	2.2	6.0	8.6	23.3	25.1r	16.6r	12.0	20.4	5.0r	40.3	13.3r	38.2	40.3
2008	18.3	18.4r	29.9i	28.8	41.5i	26.1r	17.0i	12.2i	8.9	20.0i	24.0i	18.2i	41.5
2009	3.8	23.0	58.0	20.5i	8.5	23.8r	16.7r	5.8	4.8	42.9r	64.1	17.3	64.1
2010	1.4	3.5	11.5	16.3	43.0	28.0	13.8	7.2	7.3i	19.0	34.0	27.9	43.0
2011	10.5	14.1	27.4	20.8	33.6	22.4	15.5	15.6	10.0	18.2	38.9	50.6	50.6
2012	11.7	47.3	20.1	32.2	16.0	7.5	12.2	10.4	3.3	32.6	13.7	7.9	47.3
2013	0.8	15.0	25.3	37.0	22.0	9.6	16.9	11.3	7.3	19.1	23.0	36.0	37.0
2014	19.1	14.0	33.3	27.2	16.6	7.3	5.3	15.1	17.5	18.6	40.7	15.0	40.7
2015	10.9	4.9	20.2	29.0	19.6	11.8	14.0	3.6	18.2	7.9	25.6	1.4	29.0
2016	1.7	30.7	13.9	29.2	17.4	4.2	12.0	16.4	11.0	7.2	40.0	32.1	40.0
2017	19.3	10.4	38.7	9.8	28.5	23.8	11.1	36.9	11.5	17.1	29.0	17.2	38.7
2018	10.3	17.5	44.1	22.2	27.1	14.1	7.3	13.8	6.7	19.4i	22.2	0.4	44.1
2019	15.2	7.3	23.4	16.8	20.7	10.1	7.2	7.2	6.4	16.3	30.6	26.2	30.6
2020	6.7	15.0	29.8	15.6i		9.1i	22.2	8.8	7.5	4.8			29.8
MED	**9.6**	**14.0**	**22.9**	**22.6**	**22.0**	**17.0**	**11.8**	**11.8**	**13.0**	**18.4**	**24.0**	**17.5**	**24.0**
MAX	**23.5**	**47.3**	**58.0**	**43.2**	**43.0**	**41.0**	**22.2**	**36.9**	**25.6**	**42.9**	**64.1**	**50.6**	**64.1**
MIN	**0.8**	**1.0**	**2.6**	**2.9**	**8.5**	**4.2**	**4.4**	**1.8**	**3.3**	**2.9**	**7.8**	**0.4**	**0.4**

Fuente: EAAB.

Tabla 55. Datos de números de días de lluvia de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				8i	20i	9r	19r	15r	12r	24r	16r	10r	133
1991	6r	9r	19i	17i	18r	11r	12r	18r	13r	8i	14r	10r	155
1992	5r	8r	9r	14r	15r	6r	12r	13r	9r	13r	18r	11	133
1993	9r	5r	18r	20	22r	9r	21r	13r	17r	13r	26	7	180
1994	9r	13r	14r	16	18i	15r	19r	17r	15r	18r	20r	8r	182
1995	4r	5r	14r	23r	19r	23r	18r	22r	13r	15r	15r	20r	191
1996	11r	16r	13r	16r	27r	19r	22r	16r	14r	20r	13r		187
1997	15r	8r	8	14r	17r	17r	13r	13r	11r	13r	14r	3r	146
1998	4r	7r	9r	21r	27r	17r	21r	14i	18r	18r	12r	14r	182
1999	11r	20r	16r	19r	14r	27r	11r	15i	21r	24r	17r	17r	212
2000	7r	15r	17r	12r	26r	16r	20r	20r	24r	16r	9r	12r	194
2001	8r	6r	13r	14r	23r	13r	14r	18r	16r		17r	15r	157
2002	14	11	15	17	20	19	14	12	5i	16	15	10	168
2003	1	7	16	19	13	15	15	16	10	19	22	12	165
2004	5r	14r	9r	20r	21r	18r	19r	19r	22r	27r	26r	21r	221
2005	22r	20r	27r	28r	28r	18r	23r	20r	19r	28r	25r	25r	283
2006	15r	3r	25r	18r	19r	20r	10r	15r	8r	20r	20r	12r	185
2007	5r	14r	15r	21r	25r	25r	18r	21r	11r	22r	19r	20r	216
2008	20r	22r	23i	24r	25i	27r	22i	21i	16r	24i	17i	19i	260
2009	18r	15r	23r	19i	20r	19r	19r	19r	11r	19r	14	5	201
2010	1	9	10	25	25ª	19	26	22	19i	17	27	17	217
2011	18	12	20	27	26	12	12	15	14	20	22	17	215
2012	15	10	11	20	16	17	16	21	9	18	16	13	182
2013	13	19	16	13	17	10	22	18	18	21	17	10	194
2014	9	19	12	18	22	17	21	14	13	20	16	15	196
2015	10	8	14	13	12	18	18	14	9	12	14	5	147
2016	14	10	19	19	20	20	23	17	18	15	21	18	214
2017	14	13	25	17	23	23	18	13	15	20	21	18	220
2018	18	11	18	23	31	18	16	11	12	13i	12	1	184
2019	4	5	17	19	23	17	17	14	15	20	12	17	180
2020	8	12	16	15i		19i	27	19	19	16			151
MED	10	12	16	18	21	17	18	17	14	18	18	13	192
MAX	22	22	27	28	31	27	27	22	24	28	27	25	31
MIN	1	3	8	8	12	6	10	11	5	8	9	1	1

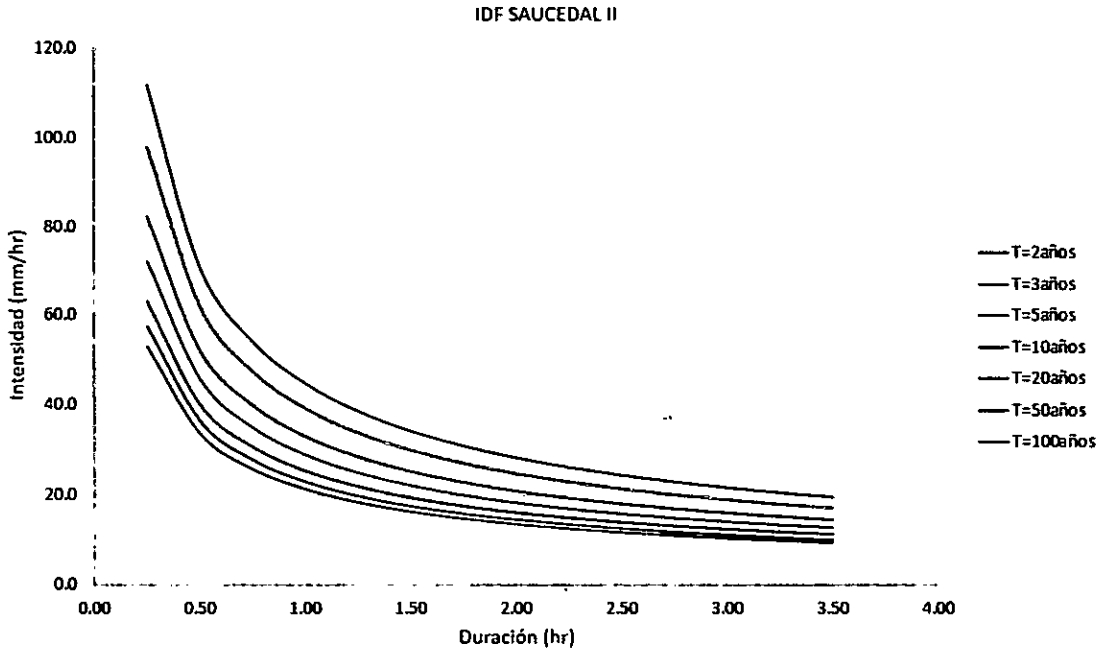
Fuente: EAAB.

Tabla 56. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990					49.0a	40.3r	23.8r	28.3r	38.8r	113.1r	91.3r	64.5r	449.1
1991	11.6r	4.8r	88.4i	34.1i	130.0r	24.4r	27.2r	31.4r	55.7r	8.9i	78.6r	37.5r	532.6
1992	15.0r	26.9r	17.6r	38.1r	43.1r	26.2r	18.8r	32.0r	46.7r	22.8r	82.7r	25.7	395.6
1993	32.1r	19.9r	90.8r	145.4	104.7r	17.7r	39.2r	31.0r	44.4r	27.3r	137.3	22.9	712.7
1994	34.3r	59.6r	104.6r	95.3	66.3i	44.6r	20.8r	35.1r	31.2r	102.3r	108.5r	10.9r	713.5
1995	2.2r	11.1r	116.6r	115.8r	44.0r	128.0r	42.0r	60.4r	44.3r	84.5r	75.2r	62.8r	786.9
1996	45.4r	58.3r	51.7r	93.2r	127.7r	83.4r	62.9r	50.6r	33.7r	83.6r	74.1r	39.5a	804.1
1997	59.1r	14.8r	40.2	52.1r	49.0r	94.9r	19.9r	10.4r	29.0r	57.3r	66.2r	1.6r	494.5
1998	9.0r	59.4r	7.3r	91.8r	129.1r	39.4r	55.0r	67.9i	81.7r	101.1r	41.0r	50.8r	733.5
1999	36.0r	87.3r	54.4r	58.8r	66.8r	111.1r	23.3r	48.2i	90.6r	85.6r	90.4r	67.3r	819.8
2000	25.9	147.0	58.2	52.5	104.6	68.6	45.5	51.9	89.8	47.5	32.8	27.0	751.3
2001	8.4	17.9	38.8	9.6	83.2	35.9	30.6	14.1	52.9	36.9g	45.5	62.7	436.5
2002	14.8	16.3	100.2	140.6	85.5	74.7	19.9	25.2	25.6	56.4	40.3	34.6	634.1
2003	2.7	11.0	75.6	71.4	31.0	59.2	31.1	37.6	50.7	75.9	68.0	20.7	534.9
2004	21.9r	44.6r	39.8r	164.8r	118.0r	52.9r	68.0r	25.4r	43.4r	159.2r	72.9r	21.2r	832.1
2005	18.5r	35.4r	61.5r	100.5r	156.1r	32.2r	49.5r	55.4r	79.0r	111.1r	59.5r	75.3r	834.0
2006	39.4r	8.4r	130.0r	111.7r	160.7r	95.0r	24.0r	30.5r	43.1r	183.3r	126.4r	18.7r	971.2
2007	3.5r	15.1r	38.7r	160.9r	103.8r	66.2r	44.4r	84.3r	17.8r	142.9r	80.7r	106.0r	864.3
2008	23.3r	72.5r	136.8i	125.9r	202.0i	162.9r	64.6i	66.0i	49.4r	161.6i	146.1i	77.8i	1 288.9
2009	21.2r	77.0r	128.8r	72.4i	15.1r	71.4r	32.7r	28.9r	12.9r	104.1r	114.8	34.1	713.4
2010	1.4	11.8	32.1	120.0	203.7a	93.7	104.5	34.0	35.1i	83.3	209.4	114.3	1 043.3
2011	41.7	65.6	115.7	152.6	114.8	44.2	41.4	43.2	52.1	106.9	174.5	116.2	1 068.9
2012	31.2	78.5	92.8	235.3	81.8	33.4	48.7	34.0	9.7	101.3	24.9	27.2	798.8
2013	3.1	69.9	80.6	87.4	108.0	23.3	50.2	42.6	22.3	73.1	97.7	85.9	744.1
2014	32.2	42.9	75.5	92.6	88.5	38.8	19.1	30.5	45.2	72.8	102.4	58.2	698.7
2015	24.9	11.5	77.0	60.4	37.2	32.1	49.6	15.8	27.0	-24.3	91.9	2.7	454.4
2016	5.7	38.8	41.3	135.9	81.3	29.1	50.7	57.9	52.8	27.6	142.6	90.3	754.0
2017	28.8	25.3	152.1	53.7	170.0	76.6	33.5	59.0	23.3	70.7	125.3	54.1	872.4
2018	38.6	31.8	119.6	176.2	163.8	49.7	42.3	35.7	28.2	69.1i	106.4	0.4	861.8
2019	19.5	11.7	83.4	105.5	115.1	49.1	38.9	29.6	29.9	79.5	88.4	47.2	697.8
2020	9.3	46.0	82.5	49.2i		61.3i	112.7	53.8	43.9	17.0			475.7
MED	22.0	40.7	77.8	100.1	101.1	60.0	43.1	40.3	42.9	80.4	93.2	48.6	750.2
MAX	59.1	147.0	152.1	235.3	203.7	162.9	112.7	84.3	90.6	183.3	209.4	116.2	235.3
MIN	1.4	4.8	7.3	9.6	15.1	17.7	18.8	10.4	9.7	8.9	24.9	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

Ilustración 48. IDF estación Saucedal II



Fuente: EAAB.

6.5.4. Diseño cuneta verde número 1

Para el diseño de la cuneta, se tiene en cuenta el área definida en la Ilustración 46, y los coeficientes de escorrentía de acuerdo con la Tabla 53. Para el diseño que se va a realizar por la metodología Denver, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Intensidad de lluvia para 3 años:** 57.3 mm/h
- **Intensidad de lluvia para 10 años:** 72.10 mm/h

Tabla 57. Coeficientes de impermeabilidad y áreas aferentes para la zona de la cuneta verde número 1.

ÁREA	C	A_d (m^2)	CA_d (m^2)
Área 1	0.86	3911.73	3364.09
Total		3911.73	3364.09
C_{prom}			0.86

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 58. Caudal pico y caudal de verificación para la cuneta verde número 1.

Caudal pico	
PR (años)	3
$i_{2\text{-}5}$ (mm/hr)	57.3
D (hr)	0.25

$Q_{2\text{-}5}$ (m^3/s)	V (m^3)
0.054	48.19

Caudal de verificación	
PR (años)	10
i_{10} (mm/hr)	72.10
D (hr)	0.25
Q_{10} (m^3)	0.067

Fuente: NS-166 EAAB.

- **Longitud de la cuneta (L):** 85.11m
- **Pendiente disponible (Sp):** 0.023 m/m (ver Ilustración 10)
- **Pendiente de diseño (S):** 0.005 m/m
- **Pendiente lateral del canal Z:1 (Z):** 3:1
- **Ancho del fondo de la cuneta (Wf):** 0.80 m.
- **N de Manning:** Para el coeficiente de rugosidad se tomó como base el libro de Ven te chow denominado "Hidráulica de canales abiertos", escogiendo un valor de 0.050 que hace referencia a Excavado o dragado, excavado con pala o dragado y matorrales ligeros en las bancas, como puede verse en la siguiente tabla:

Tabla 59. Coeficiente de Manning para la cuneta verde número 1

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra; recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140

Fuente: Ven te Chow.

Los valores tomados para cada uno de los parámetros relacionados previamente, fueron asignados teniendo en cuenta el dato mínimo recomendado por la NS-166: "CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)". Lo anterior, considerando las características del suelo.

Tabla 60. Diseño de cuneta verde trapezoidal número 1

Variable	***Unidades***	***Valor***
Procedimiento de diseño		
Caudal de diseño para un periodo de dos a cinco años ($Q_{2\text{-}5}$)	m^3/s	0.054
Tiempo de residencia hidráulico		
Longitud de la cuneta (L)	m	85.11
Tiempo de residencia calculado (T_{rs})	h	0.08

1267

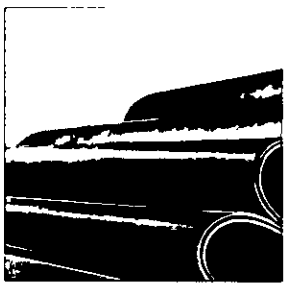
Variable	***Unidades***	***Valor***
Pendiente longitudinal		
Pendiente disponible (S_p)	m/m	0.023
Pendiente de diseño (S)	m/m	0.005
Geometría de la cuneta		
Pendiente lateral del canal Z:1 (Z)	-	3.00
Condición pendiente lateral del canal	-	Cumple
Ancho del fondo de la cuneta (W_f)	m	0.80
Velocidad		
Velocidad de diseño (v_f)	m/s	0.31
Condición velocidad de diseño	-	Cumple
Diseño		
Caudal de diseño (Qs2)	m^3/s	0.05
n de Manning	-	0.050
Profundidad de flujo (d)	m	0.14
Condición profundidad de flujo	-	Cumple
Área de flujo (Aw)	m2	0.17
Ancho superior de la cuneta (Wsd)	m	1.65
Gravedad (g)	m/s2	9.81
Número de Froude (F)	-	0.30
Condición número de Froude	-	Cumple
Radio hidráulico (RH)	m	0.10
Borde libre		
n de Manning	-	0.050
Caudal para un periodo de diez años (Q_{10})	m^3/s	0.067
Profundidad asociada a un evento con periodo de retorno de 10 años (d_{eext})	m	0.16
Borde libre recomendado (d_L)	m	0.15
Profundidad mínima cuneta (d_{to})	m	**0.29**
Ancho superior de la cuneta para profundidad mínima (W_s)	m	**2.57**
Profundidad real cuneta (dtor)	m	**0.40**
Condición profundidad real cuneta	-	**Cumple**
Ancho superior de la cuneta de acuerdo a la profundidad real (Wsr)	m	**3.20**

Fuente: NS-166 EAAB.

6.5.5. Materiales para la zona de cuneta verde número 1

- **Geomembrana:** se implementará una geomembrana de Policloruro de Vinilo (PVC), que evite el cruce del agua al suelo.

Ilustración 49. Geomembrana de Policloruro de Vinilo para la zona de cuneta verde número 1



Fuente: Geoandes[24]

- **Enrocado de entrada:** Se implementará un enrocado entre 7 y 15 centímetros de diámetro, para disminuir la velocidad del caudal de entrada a la zona de la cuneta.

Ilustración 50. Enrocado de entrada cuneta número 1



Fuente: SuD Sostenible[25]

- **Vegetación:** la planta seleccionada a implementar, se clasifica según su requerimiento hídrico como Hidrófitas, las cuales se caracterizan porque son plantas que suelen encontrarse en el agua, en suelos muy saturados (usualmente cerca a cuerpo de agua). Las especies conocidas como Hidrófitas están adaptadas a medios muy húmedos, y pueden encontrarse como plantas acuáticas.

    - **Papiro (Cyperus papyrus):** esta planta crece rápidamente y no necesita grandes atenciones y exige mucha humedad. Las hojas son de color verde jade, largas, delgadas y firmes, sus espigas son marrones y crecen de 10cm a 30 cm de largo. El papiro se

[24] Geoandes. Consultado 17 de noviembre de 2022 en: https://acortar.link/zVwAYI
[25] SuD Sostenible. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: http://sudsostenible.com/consideraciones-enel-diseno-de-las-areas-de-biorretencion/

multiplica principalmente a través de sus rizomas, de los que brotan nuevos troncos a intervalos regulares

Ilustración 51. Vegetación – Papiro para la zona de cuneta verde número 1



Fuente: Flora[26]

Adicionalmente para la zona del talud se utilizará pasto cola de zorro proyectado por el componente arquitectónico para las zonas verdes, con el fin de garantizar un mantenimiento óptimo.

Ilustración 52. Vegetación – pasto cola de zorro para la zona de cuneta verde número 1



Fuente: ResearchGate[27]

6.5.6. Diseño de tuberías de alcantarillado para la tipología número 5

Para el tramo de tubería que hace parte de la descarga de la tipología implementada, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

- **Periodo de retorno:** Para el área seleccionada se tomó un periodo de retorno para diseño de 5 años debido a que hace parte de redes locales y secundarias en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.

[26] Flora. Consultado 11 de octubre de 2021 en: http://aguiluchos.net/2017/jun/papiro.php
[27] ResearchGate. Consultado 15 de octubre de 2021 en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Pasto-Aleman-Echinochloa-polystachya-comun-en-zonas-de-terrenos-inundados-la_fig1_280082284

Tabla 61. Periodo de retorno mínimo según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Periodo de retorno para diseño (años)
Tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.	5
Tramos de la red troncal de alcantarillado, zonas comerciales de alto valor e infraestructura especial como Aeropuertos, Hospitales, Centros de emergencia y Deprimidos Viales.	10
Canales abiertos y adecuación de cauces de ríos y quebradas de cualquier área.	100

Fuente: NS-085 EAAB

- **Caudal de diseño:** Se realizará por el método racional, debido a que el área de aporte no supera las 80 Ha.
- **Coeficiente de escorrentía:** Se toma para las zonas de parqueaderos un coeficiente de 0.86 como se describió anteriormente.
- **Tiempo de concentración:** Se toma como mínimo de 15 minutos de acuerdo a la norma NS-085 para tramos iniciales.
- **Coeficiente de rugosidad de Manning:** Para los conductos se utilizará tubería PVC por lo que el coeficiente seleccionado es de 0.010.

Tabla 62. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Caracteristica interna del Material*	Material	n
Interior Liso	Tubería de PVC. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). Tubería con recubrimientos epóxidos o similares.	0.010
Interior Semi-rugoso	Tubería de concreto prefabricado. Tubería de GRES.	0.013

Fuente: NS-085 EAAB

- **Velocidad mínima:** Para el alcantarillado pluvial, será tal que garantice el valor del esfuerzo cortante medio mayor a 1 N/m2 de acuerdo con la normativa de la EAAB.

- **Velocidad máxima:** Será máximo de 9 m/s debido a que la tubería a utilizar es PVC.

Tabla 63. Velocidad máxima permisible

Material	Velocidad máxima permisible (m/s)*
Conductos cerrados	
Concreto fundido *in situ (box culvert)*	5.0
Concreto prefabricado (tuberías)	6.0
PVC - PEAD*	9.0
Fibra de vidrio GRP.	4.0

Fuente: NS-085 EAAB

- **Intensidad:** De acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, se tiene una intensidad de 63.20 mm/hr. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 22), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21, de esta información se creó la IDF.

Tabla 64. Caudales para las tuberías de la tipología número 5

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
PARQUEADERO	3911.73	0.86	59.11

Fuente: Propia

Tabla 65. Cálculo de los colectores de la tipología número 5

DESCRIPCIÓN GENERAL									CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j										
CUNETA 1	CAJA 4	59.11	0.0591								
CUNETA 1	CAJA 4	29.55	0.0296	PVC_ALC	0.010	160	0.145	20.00%	0.081	4.90	7.25
CÁRCAMO 1	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 2	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 3	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 4	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12

DESCRIPCIÓN GENERAL									CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j										
CÁRCAMO 5	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 6	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 7	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 8	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 9	CUNETA	3.28	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIÓN Q/Qo	RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Q/Qo	Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t_o	t (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j									
CUNETA 1	CAJA 4									
CUNETA 1	CAJA 4	0.37	0.468	0.78	3.81	0.36	0.052	5.32	0.96	6.95
CÁRCAMO 1	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 2	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 3	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 4	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 5	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 6	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 7	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 8	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15
CÁRCAMO 9	CUNETA	0.71	0.695	0.96	0.58	0.63	0.063	0.73	1.18	0.15

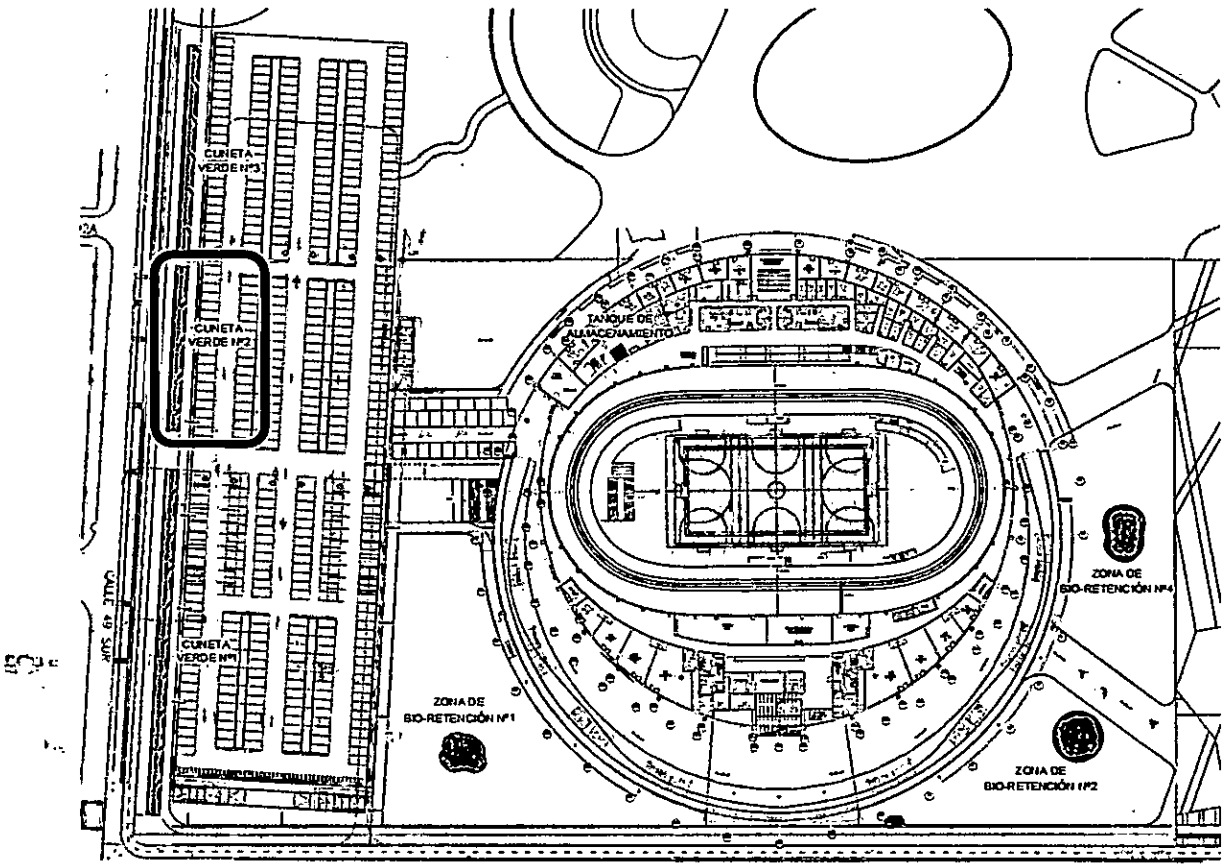
DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
Punto		Longitud (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)	Cota Batea Final (m)
Nodo i	Nodo j							
CUNETA 1	CAJA 4							
CUNETA 1	CAJA 4	1.70	2542.02	2541.68	2541.52	2541.80	2541.34	2541.18
CÁRCAMO 1	CUNETA	5.09	2542.38	2542.21	2542.11	2542.38	2542.18	2542.08
CÁRCAMO 2	CUNETA	5.09	2542.32	2542.15	2542.05	2542.30	2542.12	2542.02
CÁRCAMO 3	CUNETA	5.09	2542.32	2542.15	2542.05	2542.30	2542.12	2542.02
CÁRCAMO 4	CUNETA	5.09	2542.30	2542.13	2542.03	2542.28	2542.10	2542.00
CÁRCAMO 5	CUNETA	5.09	2542.22	2542.05	2541.95	2542.26	2542.02	2541.92
CÁRCAMO 6	CUNETA	5.09	2542.16	2541.99	2541.89	2542.09	2541.96	2541.86
CÁRCAMO 7	CUNETA	5.09	2542.07	2541.90	2541.80	2542.00	2541.87	2541.77
CÁRCAMO 8	CUNETA	5.09	2542.03	2541.86	2541.76	2542.00	2541.83	2541.73
CÁRCAMO 9	CUNETA	5.09	2542.03	2541.86	2541.76	2542.04	2541.83	2541.73

Fuente: Propia

6.6. Tipología número 6 – cuneta verde número 2

La tipología SUDS número 6 se encuentra localizada en la zona oeste del proyecto (parqueaderos) como se muestra en la Ilustración 53, esta se compone de una cuneta verde a la cual descargan áreas duras, que descargará por medio de tubería, cajas o pozos a las redes pluviales.

Ilustración 53. Localización cuneta verde número 2



Fuente: Propia

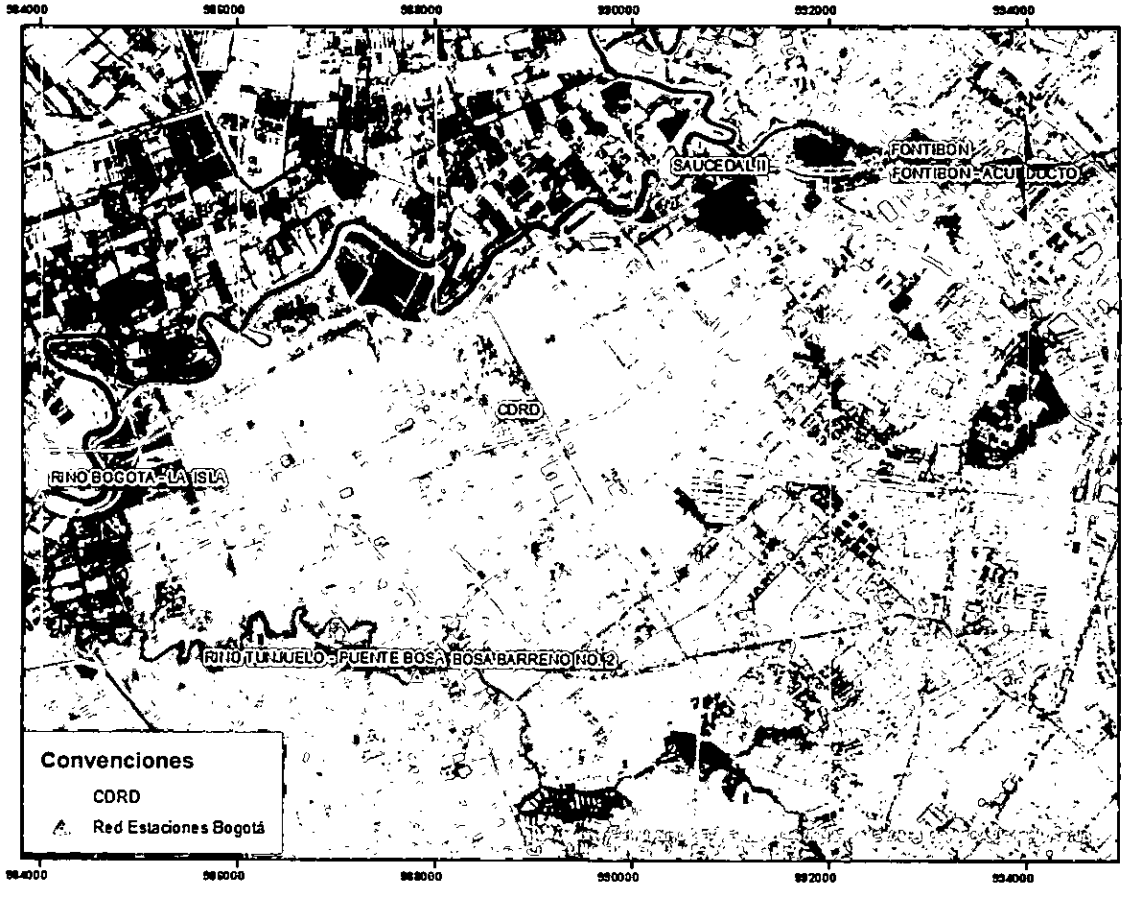
6.6.1. Coeficiente de escorrentía cuneta número 2

El coeficiente de escorrentía se tomó de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para la zona asfáltica se seleccionó un coeficiente de 0.86, de acuerdo con la siguiente tabla:

6.6.3. Intensidad de lluvia para la cuneta verde número 2

Teniendo en cuenta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, en su título D, el tiempo de concentración mínimo corresponde a 10 minutos, el cual a su vez debe contar con un tiempo de entrada mínimo de 5 minutos, lo que equivale a un tiempo de concentración de 15 minutos inicial. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 55), de acuerdo con esto la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 68 y la Tabla 69, de esta información se creó la IDF y se seleccionó la intensidad para una duración de 15 minutos y los periodos de lluvia de 3 y 10 años.

Ilustración 55. Localización de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.



Fuente: EAAB.

Tabla 67. Datos de precipitación máxima en 24 horas (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				13.7i	13.2i	17.7r	7.2r	9.3r	14.0r	16.6r	23.5r	30.9r	30.9
1991	8.9r	1.0r	19.1i	7.9i	41.6r	12.4r	9.5r	6.4r	15.3r	2.9i	16.6r	12.6r	41.6
1992	9.2r	13.4r	10.3r	9.1r	17.6r	20.1r	4.8r	7.5r	15.5r	11.0r	14.7r	5.2	20.1
1993	16.8r	5.7r	19.1r	25.6	22.0r	4.7r	5.3r	14.3r	12.0r	8.0r	23.7	9.6	25.6
1994	7.8r	14.5r	24.6r	28.3	12.3i	9.2r	4.4r	7.4r	14.5r	28.3r	24.8r	4.4r	28.3
1995	1.3r	5.3r	35.6r	22.4r	12.0r	40.7r	7.6r	15.0r	25.6r	25.3r	16.0r	15.1r	40.7
1996	11.5r	13.0r	16.5r	21.0r	19.3r	32.0r	14.0r	12.9r	13.9r	13.4r	34.0r		34.0
1997	23.5r	4.2r	14.0	13.1r	10.0r	41.0r	8.2r	1.8r	12.5r	27.5r	23.5r	1.3r	41.0
1998	4.9r	31.4r	2.6r	30.6r	28.0r	11.3r	18.2r	21.5i	15.6r	19.5r	11.5r	10.0r	31.4
1999	12.5r	18.1r	16.4r	20.0r	15.1r	15.4r	8.6r	14.0i	22.6r	17.0r	19.0r	39.7r	39.7
2000	18.7r	29.3r	21.8r	26.4r	25.0r	29.2r	16.8r	23.8r	20.4r	10.4r	17.5r	9.2r	29.3
2001	2.5r	5.4r	17.7r	2.9r	13.8r	23.9r	12.9r	3.1r	10.2r		14.7r	23.5r	23.9
2002	5.3	7.0	28.0	43.2	17.0	19.9	5.0	5.7		17.5	7.8	10.5	43.2
2003	2.7	4.0	29.5	19.7	9.2	12.7	9.1	12.5	18.1	16.5	16.5	6.0	29.5
2004	16.1r	20.7r	13.4r	40.3r	27.8r	7.0r	18.3r	6.6r	16.6r	13.6r	16.7r	7.0r	40.3
2005	5.2r	15.0r	15.0r	15.2r	24.6r	5.5r	17.0r	11.0r	23.2r	15.9	17.5r	25.2	25.2
2006	8.8	5.8	18.2	33.6	33.2	11.0	15.7r	9.0	15.0	26.0	23.6	8.7	33.6
2007	2.2	6.0	8.6	23.3	25.1r	16.6r	12.0	20.4	5.0r	40.3	13.3r	38.2	40.3
2008	18.3	18.4r	29.9i	28.8	41.5i	26.1r	17.0i	12.2i	8.9	20.0i	24.0i	18.2i	41.5
2009	3.8	23.0	58.0	20.5i	8.5	23.8r	16.7r	5.8	4.8	42.9r	64.1	17.3	64.1
2010	1.4	3.5	11.5	16.3	43.0	28.0	13.8	7.2	7.3i	19.0	34.0	27.9	43.0
2011	10.5	14.1	27.4	20.8	33.6	22.4	15.5	15.6	10.0	18.2	38.9	50.6	50.6
2012	11.7	47.3	20.1	32.2	16.0	7.5	12.2	10.4	3.3	32.6	13.7	7.9	47.3
2013	0.8	15.0	25.3	37.0	22.0	9.6	16.9	11.3	7.3	19.1	23.0	36.0	37.0
2014	19.1	14.0	33.3	27.2	16.6	7.3	5.3	15.1	17.5	18.6	40.7	15.0	40.7
2015	10.9	4.9	20.2	29.0	19.6	11.8	14.0	3.6	18.2	7.9	25.6	1.4	29.0
2016	1.7	30.7	13.9	29.2	17.4	4.2	12.0	16.4	11.0	7.2	40.0	32.1	40.0
2017	19.3	10.4	38.7	9.8	28.5	23.8	11.1	36.9	11.5	17.1	29.0	17.2	38.7
2018	10.3	17.5	44.1	22.2	27.1	14.1	7.3	13.8	6.7	19.4i	22.2	0.4	44.1
2019	15.2	7.3	23.4	16.8	20.7	10.1	7.2	7.2	6.4	16.3	30.6	26.2	30.6
2020	6.7	15.0	29.8	15.6i		9.1i	22.2	8.8	7.5	4.8			29.8
MED	9.6	14.0	22.9	22.6	22.0	17.0	11.8	11.8	13.0	18.4	24.0	17.5	24.0
MAX	23.5	47.3	58.0	43.2	43.0	41.0	22.2	36.9	25.6	42.9	64.1	50.6	64.1
MIN	0.8	1.0	2.6	2.9	8.5	4.2	4.4	1.8	3.3	2.9	7.8	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

Tabla 68. Datos de números de días de lluvia de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				8i	20i	9r	19r	15r	12r	24r	16r	10r	133
1991	6r	9r	19i	17i	18r	11r	12r	18r	13r	8i	14r	10r	155
1992	5r	8r	9r	14r	15r	6r	12r	13r	9r	13r	18r	11	133
1993	9r	5r	18r	20	22r	9r	21r	13r	17r	13r	26	7	180
1994	9r	13r	14r	16	18i	15r	19r	17r	15r	18r	20r	8r	182
1995	4r	5r	14r	23r	19r	23r	18r	22r	13r	15r	15r	20r	191
1996	11r	16r	13r	16r	27r	19r	22r	16r	14r	20r	13r		187
1997	15r	8r	8	14r	17r	17r	13r	13r	11r	13r	14r	3r	146
1998	4r	7r	9r	21r	27r	17r	21r	14i	18r	18r	12r	14r	182
1999	11r	20r	16r	19r	14r	27r	11r	15i	21r	24r	17r	17r	212
2000	7r	15r	17r	12r	26r	16r	20r	20r	24r	16r	9r	12r	194
2001	8r	6r	13r	14r	23r	13r	14r	18r	16r		17r	15r	157
2002	14	11	15	17	20	19	14	12	5i	16	15	10	168
2003	1	7	16	19	13	15	15	16	10	19	22	12	165
2004	5r	14r	9r	20r	21r	18r	19r	19r	22r	27r	26r	21r	221
2005	22r	20r	27r	28r	28r	18r	23r	20r	19r	28r	25r	25r	283
2006	15r	3r	25r	18r	19r	20r	10r	15r	8r	20r	20r	12r	185
2007	5r	14r	15r	21r	25r	25r	18r	21r	11r	22r	19r	20r	216
2008	20r	22r	23i	24r	25i	27r	22i	21i	16r	24i	17i	19i	260
2009	18r	15r	23r	19i	20r	19r	19r	19r	11r	19r	14	5	201
2010	1	9	10	25	25a	19	26	22	19i	17	27	17	217
2011	18	12	20	27	26	12	12	15	14	20	22	17	215
2012	15	10	11	20	16	17	16	21	9	18	16	13	182
2013	13	19	16	13	17	10	22	18	18	21	17	10	194
2014	9	19	12	18	22	17	21	14	13	20	16	15	196
2015	10	8	14	13	12	18	18	14	9	12	14	5	147
2016	14	10	19	19	20	20	23	17	18	15	21	18	214
2017	14	13	25	17	23	23	18	13	15	20	21	18	220
2018	18	11	18	23	31	18	16	11	12	13i	12	1	184
2019	4	5	17	19	23	17	17	14	15	20	12	17	180
2020	8	12	16	15i		19i	27	19	19	16			151
MED	**10**	**12**	**16**	**18**	**21**	**17**	**18**	**17**	**14**	**18**	**18**	**13**	**192**
MAX	**22**	**22**	**27**	**28**	**31**	**27**	**27**	**22**	**24**	**28**	**27**	**25**	**31**
MIN	**1**	**3**	**8**	**8**	**12**	**6**	**10**	**11**	**5**	**8**	**9**	**1**	**1**

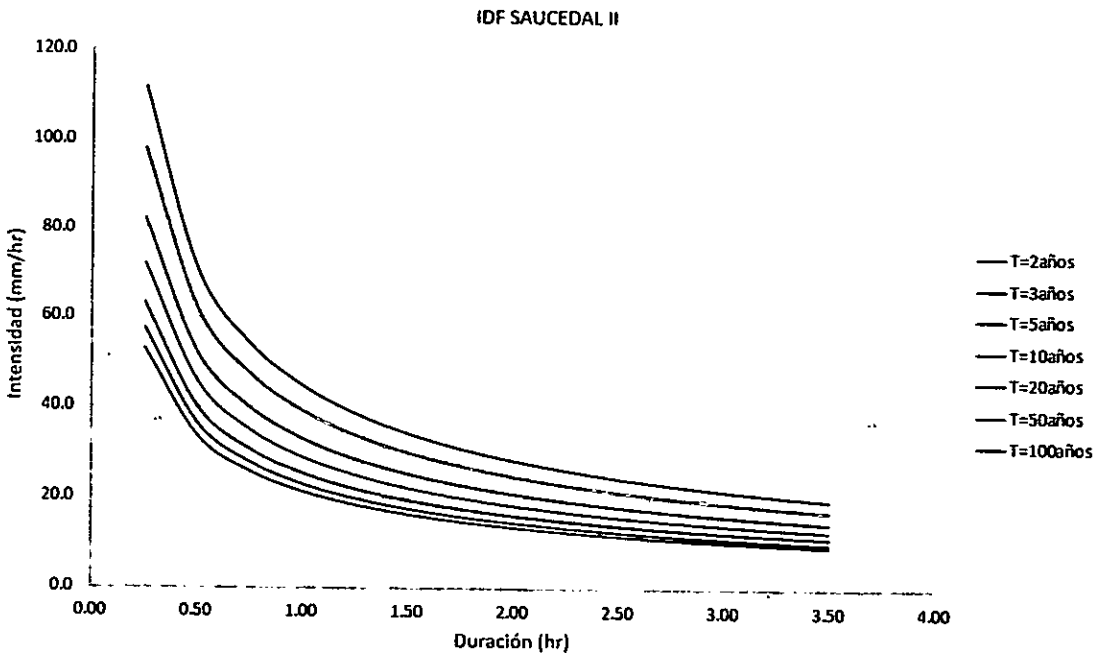
Fuente: EAAB.

Tabla 69. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990					49.0a	40.3r	23.8r	28.3r	38.8r	113.1r	91.3r	64.5r	449.1
1991	11.6r	4.8r	88.4i	34.1i	130.0r	24.4r	27.2r	31.4r	55.7r	8.9i	78.6r	37.5r	532.6
1992	15.0r	26.9r	17.6r	38.1r	43.1r	26.2r	18.8r	32.0r	46.7r	22.8r	82.7r	25.7	395.6
1993	32.1r	19.9r	90.8r	145.4	104.7r	17.7r	39.2r	31.0r	44.4r	27.3r	137.3	22.9	712.7
1994	34.3r	59.6r	104.6r	95.3	66.3i	44.6r	20.8r	35.1r	31.2r	102.3r	108.5r	10.9r	713.5
1995	2.2r	11.1r	116.6r	115.8r	44.0r	128.0r	42.0r	60.4r	44.3r	84.5r	75.2r	62.8r	786.9
1996	45.4r	58.3r	51.7r	93.2r	127.7r	83.4r	62.9r	50.6r	33.7r	83.6r	74.1r	39.5a	804.1
1997	59.1r	14.8r	40.2	52.1r	49.0r	94.9r	19.9r	10.4r	29.0r	57.3r	66.2r	1.6r	494.5
1998	9.0r	59.4r	7.3r	91.8r	129.1r	39.4r	55.0r	67.9i	81.7r	101.1r	41.0r	50.8r	733.5
1999	36.0r	87.3r	54.4r	58.8r	66.8r	111.1r	23.3r	48.2i	90.6r	85.6r	90.4r	67.3r	819.8
2000	25.9	147.0	58.2	52.5	104.6	68.6	45.5	51.9	89.8	47.5	32.8	27.0	751.3
2001	8.4	17.9	38.8	9.6	83.2	35.9	30.6	14.1	52.9	36.9g	45.5	62.7	436.5
2002	14.8	16.3	100.2	140.6	85.5	74.7	19.9	25.2	25.6	56.4	40.3	34.6	634.1
2003	2.7	11.0	75.6	71.4	31.0	59.2	31.1	37.6	50.7	75.9	68.0	20.7	534.9
2004	21.9r	44.6r	39.8r	164.8r	118.0r	52.9r	68.0r	25.4r	43.4r	159.2r	72.9r	21.2r	832.1
2005	18.5r	35.4r	61.5r	100.5r	156.1r	32.2r	49.5r	55.4r	79.0r	111.1r	59.5r	75.3r	834.0
2006	39.4r	8.4r	130.0r	111.7r	160.7r	95.0r	24.0r	30.5r	43.1r	183.3r	126.4r	18.7r	971.2
2007	3.5r	15.1r	38.7r	160.9r	103.8r	66.2r	44.4r	84.3r	17.8r	142.9r	80.7r	106.0r	864.3
2008	23.3r	72.5r	136.8i	125.9r	202.0i	162.9r	64.6i	66.0i	49.4r	161.6i	146.1i	77.8i	1 288.9
2009	21.2r	77.0r	128.8r	72.4i	15.1r	71.4r	32.7r	28.9r	12.9r	104.1r	114.8	34.1	713.4
2010	1.4	11.8	32.1	120.0	203.7a	93.7	104.5	34.0	35.1i	83.3	209.4	114.3	1 043.3
2011	41.7	65.6	115.7	152.6	114.8	44.2	41.4	43.2	52.1	106.9	174.5	116.2	1 068.9
2012	31.2	78.5	92.8	235.3	81.8	33.4	48.7	34.0	9.7	101.3	24.9	27.2	798.8
2013	3.1	69.9	80.6	87.4	108.0	23.3	50.2	42.6	22.3	73.1	97.7	85.9	744.1
2014	32.2	42.9	75.5	92.6	88.5	38.8	19.1	30.5	45.2	72.8	102.4	58.2	698.7
2015	24.9	11.5	77.0	60.4	37.2	32.1	49.6	15.8	27.0	24.3	91.9	2.7	454.4
2016	5.7	38.8	41.3	135.9	81.3	29.1	50.7	57.9	52.8	27.6	142.6	90.3	754.0
2017	28.8	25.3	152.1	53.7	170.0	76.6	33.5	59.0	23.3	70.7	125.3	54.1	872.4
2018	38.6	31.8	119.6	176.2	163.8	49.7	42.3	35.7	28.2	69.1i	106.4	0.4	861.8
2019	19.5	11.7	83.4	105.5	115.1	49.1	38.9	29.6	29.9	79.5	88.4	47.2	697.8
2020	9.3	46.0	82.5	49.2i		61.3i	112.7	53.8	43.9	17.0			475.7
MED	22.0	40.7	77.8	100.1	101.1	60.0	43.1	40.3	42.9	80.4	93.2	48.6	750.2
MAX	59.1	147.0	152.1	235.3	203.7	162.9	112.7	84.3	90.6	183.3	209.4	116.2	235.3
MIN	1.4	4.8	7.3	9.6	15.1	17.7	18.8	10.4	9.7	8.9	24.9	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

Ilustración 56. IDF estación Saucedal II



Fuente: EAAB.

6.6.4. Diseño cuneta verde número 2

Para el diseño de la cuneta, se tiene en cuenta el área definida en la Ilustración 54, y los coeficientes de escorrentía de acuerdo con la Tabla 66. Para el diseño que se va a realizar por la metodología Denver, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Intensidad de lluvia para 3 años:** 57.3 mm/h
- **Intensidad de lluvia para 10 años:** 72.10 mm/h

Tabla 70. Coeficientes de impermeabilidad y áreas aferentes para la zona de la cuneta verde número 2.

ÁREA	C	A_d (m^2)	CA_d (m^2)
Área 1	0.86	2480.32	2133.07
Total		2480.32	2133.07
C_{prom}			0.86

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 71. Caudal pico y caudal de verificación para la cuneta verde número 2.

Caudal pico	
PR (años)	3
$i_{2.5}$ (mm/hr)	57.3
D (hr)	0.25

$Q_{2.5}$ (m^3/s)	V (m^3)
0.034	30.56

Caudal de verificación	
PR (años)	10
i_{10} (mm/hr)	72.10
D (hr)	0.25
Q_{10} (m^3)	0.043

Fuente: NS-166 EAAB.

- **Longitud de la cuneta (L):** 40.50m
- **Pendiente disponible (Sp):** 0.023 m/m (ver Ilustración 10)
- **Pendiente de diseño (S):** 0.006 m/m
- **Pendiente lateral del canal Z:1 (Z):** 3:1
- **Ancho del fondo de la cuneta (Wf):** 0.80 m.
- **N de Manning:** Para el coeficiente de rugosidad se tomó como base el libro de Ven te chow denominado "Hidráulica de canales abiertos", escogiendo un valor de 0.050 que hace referencia a Excavado o dragado, excavado con pala o dragado y matorrales ligeros en las bancas, como puede verse en la siguiente tabla:

Tabla 72. Coeficiente de Manning para la cuneta verde número 2

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra; recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140

Fuente: Ven te Chow.

Los valores tomados para cada uno de los parámetros relacionados previamente, fueron asignados teniendo en cuenta el dato mínimo recomendado por la NS-166: "CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)". Lo anterior, considerando las características del suelo.

Tabla 73. Diseño de cuneta verde trapezoidal número 2

Variable	***Unidades***	***Valor***
Procedimiento de diseño		
Caudal de diseño para un periodo de dos a cinco años ($Q_{2\text{-}5}$)	m^3/s	0.034
Tiempo de residencia hidráulico		
Longitud de la cuneta (L)	m	40.50
Tiempo de residencia calculado (T_{rs})	h	0.04

1281

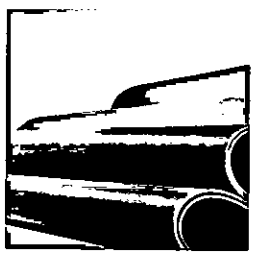
Variable	*Unidades*	*Valor*
Pendiente longitudinal		
Pendiente disponible (S_p)	m/m	0.023
Pendiente de diseño (S)	m/m	0.006
Geometría de la cuneta		
Pendiente lateral del canal Z:1 (Z)	-	3.00
Condición pendiente lateral del canal	-	Cumple
Ancho del fondo de la cuneta (W_f)	m	0.80
Velocidad		
Velocidad de diseño (v_f)	m/s	0.29
Condición velocidad de diseño	-	Cumple
Diseño		
Caudal de diseño (Qs2)	m^3/s	0.03
n de Manning	-	0.050
Profundidad de flujo (d)	m	0.106
Condición profundidad de flujo	-	Cumple
Área de flujo (Aw)	m2	0.12
Ancho superior de la cuneta (Wsd)	m	1.43
Gravedad (g)	m/s2	9.81
Número de Froude (F)	-	0.32
Condición número de Froude	-	Cumple
Radio hidráulico (RH)	m	0.08
Borde libre		
n de Manning	-	0.050
Caudal para un periodo de diez años (Q_{10})	m^3/s	0.043
Profundidad asociada a un evento con periodo de retorno de 10 años (d_{eext})	m	0.12
Borde libre recomendado (d_L)	m	0.15
Profundidad mínima cuneta (d_{to})	m	**0.26**
Ancho superior de la cuneta para profundidad mínima (W_s)	m	**2.35**
Profundidad real cuneta (dtor)	m	**0.40**
Condición profundidad real cuneta	-	**Cumple**
Ancho superior de la cuneta de acuerdo a la profundidad real (Wsr)	m	**3.20**

Fuente: NS-166 EAAB.

6.6.5. Materiales para la zona de cuneta verde número 2

- **Geomembrana:** se implementará una geomembrana de Policloruro de Vinilo (PVC), que evite el cruce del agua al suelo.

Ilustración 57. Geomembrana de Policloruro de Vinilo para la zona de cuneta verde número 2



Fuente: Geoandes[28]

- **Enrocado de entrada:** Se implementará un enrocado entre 7 y 15 centímetros de diámetro, para disminuir la velocidad del caudal de entrada a la zona de la cuneta.

Ilustración 58. Enrocado de entrada cuneta número 2



Fuente: SuD Sostenible[29]

- **Vegetación:** la planta seleccionada a implementar, se clasifica según su requerimiento hídrico como Hidrófitas, las cuales se caracterizan porque son plantas que suelen encontrarse en el agua, en suelos muy saturados (usualmente cerca a cuerpo de agua). Las especies conocidas como Hidrófitas están adaptadas a medios muy húmedos, y pueden encontrarse como plantas acuáticas.

    - **Papiro (Cyperus papyrus):** esta planta crece rápidamente y no necesita grandes atenciones y exige mucha humedad. Las hojas son de color verde jade, largas, delgadas y firmes, sus espigas son marrones y crecen de 10cm a 30 cm de largo. El papiro se multiplica principalmente a través de sus rizomas, de los que brotan nuevos troncos a intervalos regulares

[28] Geoandes. Consultado 17 de noviembre de 2022 en: https://acortar.link/zVwAYI
[29] SuD Sostenible. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: http://sudsostenible.com/consideraciones-enel-diseno-de-las-areas-de-biorretencion/

Ilustración 59. Vegetación – Papiro para la zona de cuneta verde número 2



Fuente: Flora[30]

Adicionalmente para la zona del talud se utilizará pasto cola de zorro proyectado por el componente arquitectónico para las zonas verdes, con el fin de garantizar un mantenimiento óptimo.

Ilustración 60. Vegetación – pasto Cola de zorro para la zona de cuneta verde número 2



Fuente: ResearchGate[31]

6.6.6. Diseño de tuberías de alcantarillado para la tipología número 6

Para el tramo de tubería que hace parte de la descarga de la tipología implementada, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

- **Periodo de retorno:** Para el área seleccionada se tomó un periodo de retorno para diseño de 5 años debido a que hace parte de redes locales y secundarias en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.

[30] Flora. Consultado 11 de octubre de 2021 en: http://aquiluchos.net/2017/jun/papiro.php
[31] ResearchGate. Consultado 15 de octubre de 2021 en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Pasto-Aleman-Echinochloa-polystachya-comun-en-zonas-de-terrenos-inundados-la_fig1_280082284

Tabla 74. Periodo de retorno mínimo según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Periodo de retorno para diseño (años)
Tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.	5
Tramos de la red troncal de alcantarillado, zonas comerciales de alto valor e infraestructura especial como Aeropuertos, Hospitales, Centros de emergencia y Deprimidos Viales.	10
Canales abiertos y adecuación de cauces de ríos y quebradas de cualquier área.	100

Fuente: NS-085 EAAB

- **Caudal de diseño:** Se realizará por el método racional, debido a que el área de aporte no supera las 80 Ha.
- **Coeficiente de escorrentía:** Se toma para las zonas de parqueaderos un coeficiente de 0.86 como se describió anteriormente.
- **Tiempo de concentración:** Se toma como mínimo de 15 minutos de acuerdo a la norma NS-085 para tramos iniciales.
- **Coeficiente de rugosidad de Manning:** Para los conductos se utilizará tubería PVC por lo que el coeficiente seleccionado es de 0.010.

Tabla 75. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material*	Material	n
Interior Liso	Tubería de PVC. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). Tubería con recubrimientos epóxidos o similares.	0.010
Interior Semi-rugoso	Tubería de concreto prefabricado. Tubería de GRES.	0.013

Fuente: NS-085 EAAB

- **Velocidad mínima:** Para el alcantarillado pluvial, será tal que garantice el valor del esfuerzo cortante medio mayor a 1 N/m2 de acuerdo con la normativa de la EAAB.

- **Velocidad máxima:** Será máximo de 9 m/s debido a que la tubería a utilizar es PVC.

Tabla 76. Velocidad máxima permisible

Material	Velocidad máxima permisible (m/s)*
Conductos cerrados	
Concreto fundido *in situ (box culvert)*	5.0
Concreto prefabricado (tuberías)	6.0
PVC - PEAD*	9.0
Fibra de vidrio GRP.	4.0

Fuente: NS-085 EAAB

- **Intensidad:** De acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, se tiene una intensidad de 63.20 mm/hr. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 22), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21, de esta información se creó la IDF.

Tabla 77. Caudales para las tuberías de la tipología número 6

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
PARQUEADERO	2480.32	0.86	37.48

Fuente: Propia

Tabla 78. Cálculo de los colectores de la tipología número 6

DESCRIPCIÓN GENERAL									CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo I	Nodo j										
CUNETA 2	CAJA 5	37.48	0.0375								
CUNETA 2	CAJA 5	18.74	0.0187	PVC_ALC	0.010	160	0.145	15.00%	0.070	4.24	5.44
CÁRCAMO 1	CUNETA	3.12	0.0031	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 2	CUNETA	3.12	0.0031	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 3	CUNETA	3.12	0.0031	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 4	CUNETA	3.12	0.0031	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIÓN Q/Qo	RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Q/Qo	Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t_o	t (kg/m²)
Nodo i	Nodo j									
CUNETA 2	CAJA 5									
CUNETA 2	CAJA 5	0.27	0.393	0.70	2.97	0.29	0.043	4.59	0.85	4.62
CÁRCAMO 1	CUNETA	0.68	0.67	0.94	0.57	0.60	0.059	0.74	1.17	0.14
CÁRCAMO 2	CUNETA	0.68	0.67	0.94	0.57	0.60	0.059	0.74	1.17	0.14
CÁRCAMO 3	CUNETA	0.68	0.67	0.94	0.57	0.60	0.059	0.74	1.17	0.14
CÁRCAMO 4	CUNETA	0.68	0.67	0.94	0.57	0.60	0.059	0.74	1.17	0.14

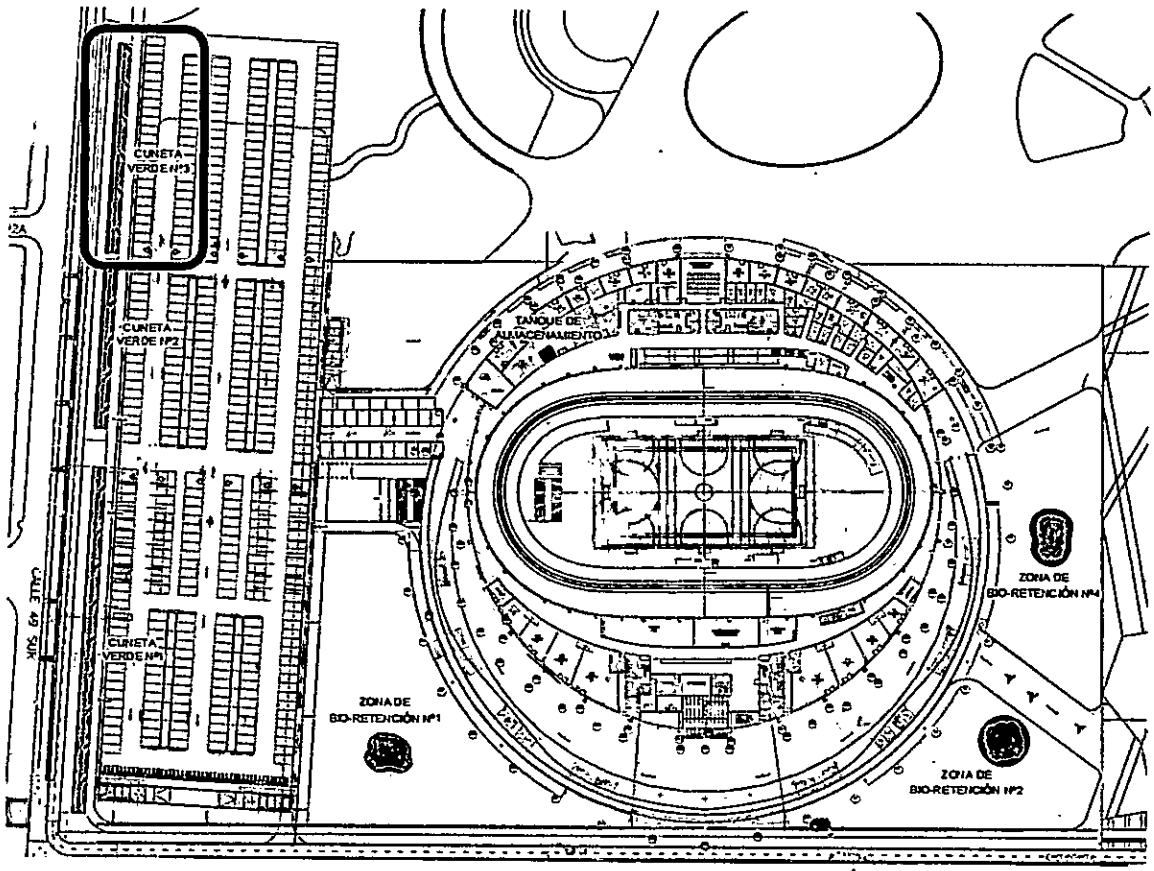
DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
Punto		Longitud (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)	Cota Batea Final (m)
Nodo i	Nodo j							
CUNETA 2	CAJA 5							
CUNETA 2	CAJA 5	3.18	2542.50	2541.99	2541.83	2542.43	2541.51	2541.35
CÁRCAMO 1	CUNETA	5.09	2542.42	2542.25	2542.15	2542.38	2542.22	2542.12
CÁRCAMO 2	CUNETA	5.09	2542.46	2542.29	2542.19	2542.40	2542.26	2542.16
CÁRCAMO 3	CUNETA	5.09	2542.50	2542.33	2542.23	2542.42	2542.30	2542.20
CÁRCAMO 4	CUNETA	5.09	2542.59	2542.42	2542.32	2542.43	2542.39	2542.29

Fuente: Propia

6.7. Tipología número 7 – cuneta verde número 3

La tipología SUDS número 7 se encuentra localizada en la zona oeste del proyecto (parqueaderos) como se muestra en la Ilustración 61 , esta se compone de una cuneta verde a la cual descargan áreas duras, que descargará por medio de tubería, cajas o pozos a las redes pluviales.

Ilustración 61. Localización cuneta verde número 3



Fuente: Propia

6.7.1. Coeficiente de escorrentía cuneta número 3

El coeficiente de escorrentía se tomó de acuerdo con lo descrito dentro de la normativa de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 25 años, donde para la zona asfáltica se seleccionó un coeficiente de 0.86, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 79. Coeficientes de escorrentía cuneta número 3

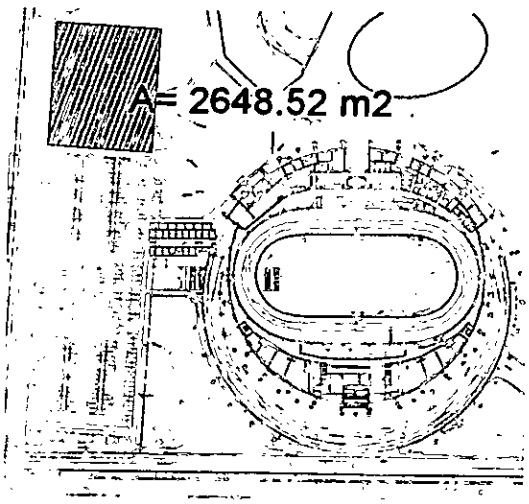
Características de la superficie	Período de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas					
Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.7.2. Áreas de recolección cuneta número 3

Para la tipología de cuneta verde número 3 se seleccionó la zona del parqueadero con un área de 2648.52m^2, como puede verse en la siguiente ilustración:

Ilustración 62. Áreas de recolección para la cuneta verde número 3



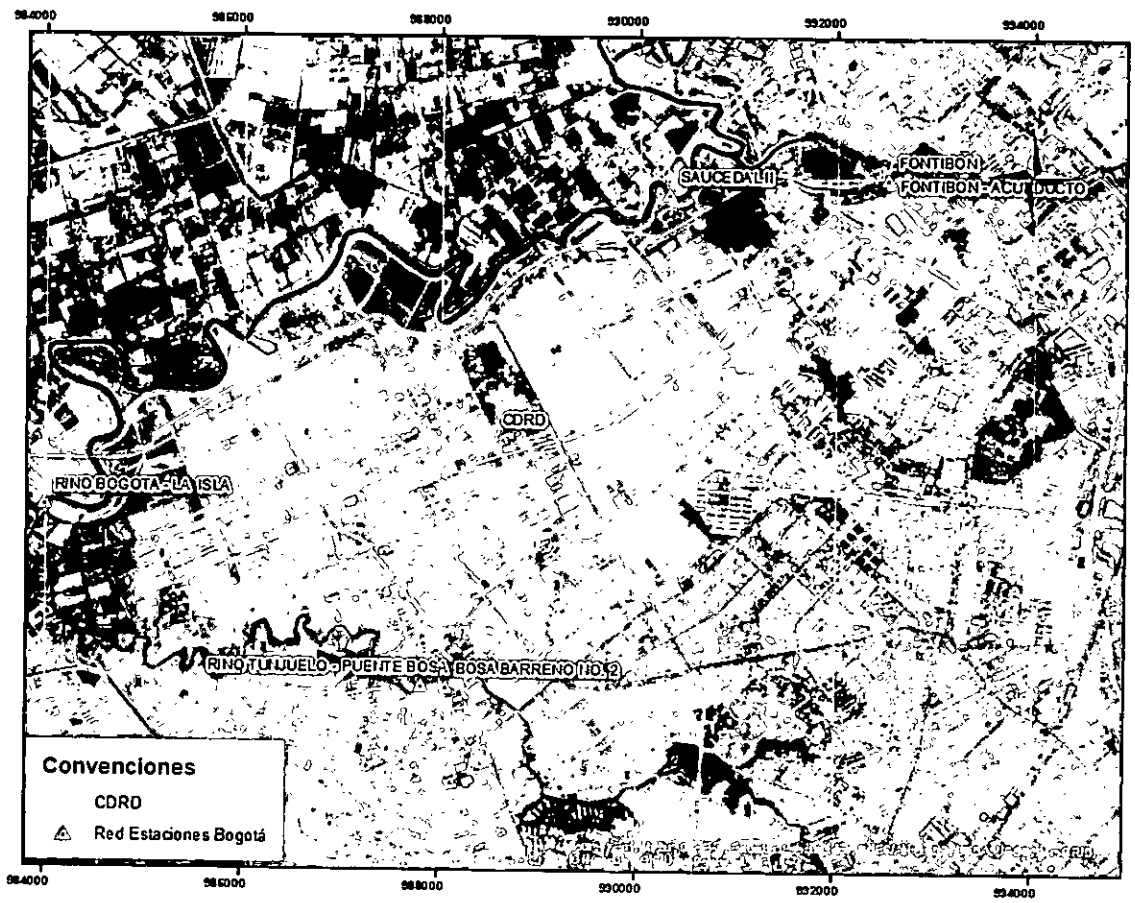
Fuente: Arquitectura.

1289

6.7.3. Intensidad de lluvia para la cuneta verde número 3

Teniendo en cuenta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, en su título D, el tiempo de concentración mínimo corresponde a 10 minutos, el cual a su vez debe contar con un tiempo de entrada mínimo de 5 minutos, lo que equivale a un tiempo de concentración de 15 minutos inicial. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 63), de acuerdo con esto la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 80, Tabla 81 y Tabla 82, de esta información se creó la IDF y se seleccionó la intensidad para una duración de 15 minutos y los periodos de lluvia de 3 y 10 años.

Ilustración 63. Localización de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.



Fuente: EAAB.

1290

Tabla 80. Datos de precipitación máxima en 24 horas (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				13.7i	13.2i	17.7r	7.2r	9.3r	14.0r	16.6r	23.5r	30.9r	30.9
1991	8.9r	1.0r	19.1i	7.9i	41.6r	12.4r	9.5r	6.4r	15.3r	2.9i	16.6r	12.6r	41.6
1992	9.2r	13.4r	10.3r	9.1r	17.6r	20.1r	4.8r	7.5r	15.5r	11.0r	14.7r	5.2	20.1
1993	16.8r	5.7r	19.1r	25.6	22.0r	4.7r	5.3r	14.3r	12.0r	8.0r	23.7	9.6	25.6
1994	7.8r	14.5r	24.6r	28.3	12.3i	9.2r	4.4r	7.4r	14.5r	28.3r	24.8r	4.4r	28.3
1995	1.3r	5.3r	35.6r	22.4r	12.0r	40.7r	7.6r	15.0r	25.6r	25.3r	16.0r	15.1r	40.7
1996	11.5r	13.0r	16.5r	21.0r	19.3r	32.0r	14.0r	12.9r	13.9r	13.4r	34.0r		34.0
1997	23.5r	4.2r	14.0	13.1r	10.0r	41.0r	8.2r	1.8r	12.5r	27.5r	23.5r	1.3r	41.0
1998	4.9r	31.4r	2.6r	30.6r	28.0r	11.3r	18.2r	21.5i	15.6r	19.5r	11.5r	10.0r	31.4
1999	12.5r	18.1r	16.4r	20.0r	15.1r	15.4r	8.6r	14.0i	22.6r	17.0r	19.0r	39.7r	39.7
2000	18.7r	29.3r	21.8r	26.4r	25.0r	29.2r	16.8r	23.8r	20.4r	10.4r	17.5r	9.2r	29.3
2001	2.5r	5.4r	17.7r	2.9r	13.8r	23.9r	12.9r	3.1r	10.2r		14.7r	23.5r	23.9
2002	5.3	7.0	28.0	43.2	17.0	19.9	5.0	5.7		17.5	7.8	10.5	43.2
2003	2.7	4.0	29.5	19.7	9.2	12.7	9.1	12.5	18.1	16.5	16.5	6.0	29.5
2004	16.1r	20.7r	13.4r	40.3r	27.8r	7.0r	18.3r	6.6r	16.6r	13.6r	16.7r	7.0r	40.3
2005	5.2r	15.0r	15.0r	15.2r	24.6r	5.5r	17.0r	11.0r	23.2r	15.9	17.5r	25.2	25.2
2006	8.8	5.8	18.2	33.6	33.2	11.0	15.7r	9.0	15.0	26.0	23.6	8.7	33.6
2007	2.2	6.0	8.6	23.3	25.1r	16.6r	12.0	20.4	5.0r	40.3	13.3r	38.2	40.3
2008	18.3	18.4r	29.9i	28.8	41.5i	26.1r	17.0i	12.2i	8.9	20.0i	24.0i	18.2i	41.5
2009	3.8	23.0	58.0	20.5i	8.5	23.8r	16.7r	5.8	4.8	42.9r	64.1	17.3	64.1
2010	1.4	3.5	11.5	16.3	43.0	28.0	13.8	7.2	7.3i	19.0	34.0	27.9	43.0
2011	10.5	14.1	27.4	20.8	33.6	22.4	15.5	15.6	10.0	18.2	38.9	50.6	50.6
2012	11.7	47.3	20.1	32.2	16.0	7.5	12.2	10.4	3.3	32.6	13.7	7.9	47.3
2013	0.8	15.0	25.3	37.0	22.0	9.6	16.9	11.3	7.3	19.1	23.0	36.0	37.0
2014	19.1	14.0	33.3	27.2	16.6	7.3	5.3	15.1	17.5	18.6	40.7	15.0	40.7
2015	10.9	4.9	20.2	29.0	19.6	11.8	14.0	3.6	18.2	7.9	25.6	1.4	29.0
2016	1.7	30.7	13.9	29.2	17.4	4.2	12.0	16.4	11.0	7.2	40.0	32.1	40.0
2017	19.3	10.4	38.7	9.8	28.5	23.8	11.1	36.9	11.5	17.1	29.0	17.2	38.7
2018	10.3	17.5	44.1	22.2	27.1	14.1	7.3	13.8	6.7	19.4i	22.2	0.4	44.1
2019	15.2	7.3	23.4	16.8	20.7	10.1	7.2	7.2	6.4	16.3	30.6	26.2	30.6
2020	6.7	15.0	29.8	15.6i		9.1i	22.2	8.8	7.5	4.8			29.8
MED	9.6	14.0	22.9	22.6	22.0	17.0	11.8	11.8	13.0	18.4	24.0	17.5	24.0
MAX	23.5	47.3	58.0	43.2	43.0	41.0	22.2	36.9	25.6	42.9	64.1	50.6	64.1
MIN	0.8	1.0	2.6	2.9	8.5	4.2	4.4	1.8	3.3	2.9	7.8	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

Tabla 81. Datos de números de días de lluvia de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990				8i	20i	9r	19r	15r	12r	24r	16r	10r	133
1991	6r	9r	19i	17i	18r	11r	12r	18r	13r	8i	14r	10r	155
1992	5r	8r	9r	14r	15r	6r	12r	13r	9r	13r	18r	11	133
1993	9r	5r	18r	20	22r	9r	21r	13r	17r	13r	26	7	180
1994	9r	13r	14r	16	18i	15r	19r	17r	15r	18r	20r	8r	182
1995	4r	5r	14r	23r	19r	23r	18r	22r	13r	15r	15r	20r	191
1996	11r	16r	13r	16r	27r	19r	22r	16r	14r	20r	13r		187
1997	15r	8r	8	14r	17r	17r	13r	13r	11r	13r	14r	3r	146
1998	4r	7r	9r	21r	27r	17r	21r	14i	18r	18r	12r	14r	182
1999	11r	20r	16r	19r	14r	27r	11r	15i	21r	24r	17r	17r	212
2000	7r	15r	17r	12r	26r	16r	20r	20r	24r	16r	9r	12r	194
2001	8r	6r	13r	14r	23r	13r	14r	18r	16r		17r	15r	157
2002	14	11	15	17	20	19	14	12	5i	16	15	10	168
2003	1	7	16	19	13	15	15	16	10	19	22	12	165
2004	5r	14r	9r	20r	21r	18r	19r	19r	22r	27r	26r	21r	221
2005	22r	20r	27r	28r	28r	18r	23r	20r	19r	28r	25r	25r	283
2006	15r	3r	25r	18r	19r	20r	10r	15r	8r	20r	20r	12r	185
2007	5r	14r	15r	21r	25r	25r	18r	21r	11r	22r	19r	20r	216
2008	20r	22r	23i	24r	25i	27r	22i	21i	16r	24i	17i	19i	260
2009	18r	15r	23r	19i	20r	19r	19r	19r	11r	19r	14	5	201
2010	1	9	10	25	25a	19	26	22	19i	17	27	17	217
2011	18	12	20	27	26	12	12	15	14	20	22	17	215
2012	15	10	11	20	16	17	16	21	9	18	16	13	182
2013	13	19	16	13	17	10	22	18	18	21	17	10	194
2014	9	19	12	18	22	17	21	14	13	20	16	15	196
2015	10	8	14	13	12	18	18	14	9	12	14	5	147
2016	14	10	19	19	20	20	23	17	18	15	21	18	214
2017	14	13	25	17	23	23	18	13	15	20	21	18	220
2018	18	11	18	23	31	18	16	11	12	13i	12	1	184
2019	4	5	17	19	23	17	17	14	15	20	12	17	180
2020	8	12	16	15i		19i	27	19	19	16			151
MED	10	12	16	18	21	17	18	17	14	18	18	13	192
MAX	22	22	27	28	31	27	27	22	24	28	27	25	31
MIN	1	3	8	8	12	6	10	11	5	8	9	1	1

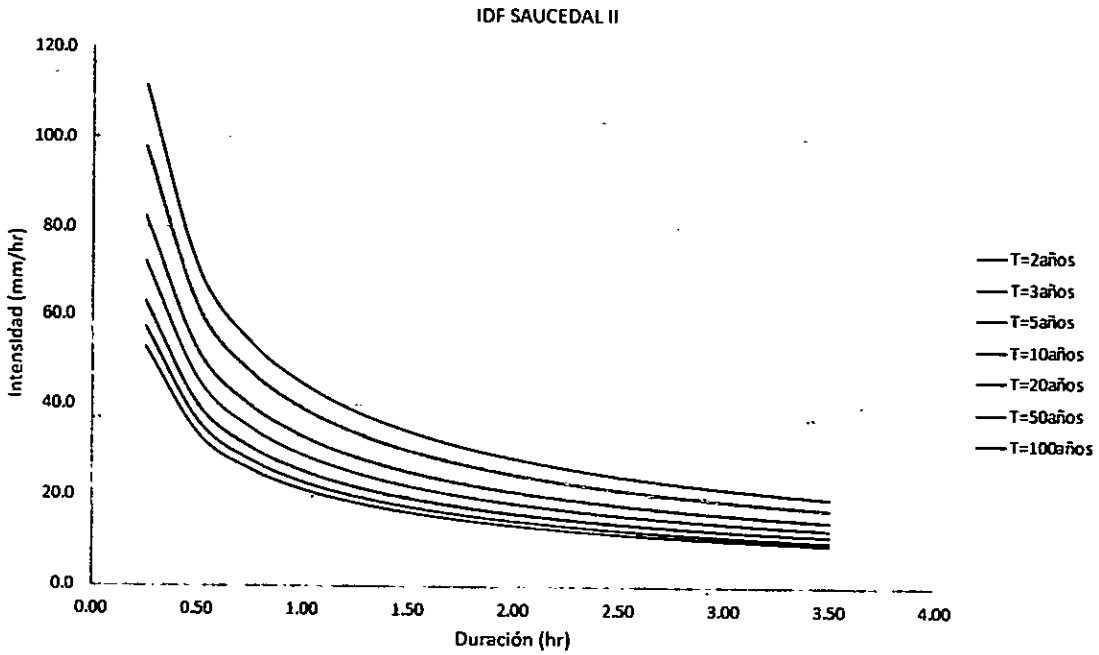
Fuente: EAAB.

Tabla 82. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación Saucedal II

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990					49.0a	40.3r	23.8r	28.3r	38.8r	113.1r	91.3r	64.5r	449.1
1991	11.6r	4.8r	88.4i	34.1i	130.0r	24.4r	27.2r	31.4r	55.7r	8.9i	78.6r	37.5r	532.6
1992	15.0r	26.9r	17.6r	38.1r	43.1r	26.2r	18.8r	32.0r	46.7r	22.8r	82.7r	25.7	395.6
1993	32.1r	19.9r	90.8r	145.4	104.7r	17.7r	39.2r	31.0r	44.4r	27.3r	137.3	22.9	712.7
1994	34.3r	59.6r	104.6r	95.3	66.3i	44.6r	20.8r	35.1r	31.2r	102.3r	108.5r	10.9r	713.5
1995	2.2r	11.1r	116.6r	115.8r	44.0r	128.0r	42.0r	60.4r	44.3r	84.5r	75.2r	62.8r	786.9
1996	45.4r	58.3r	51.7r	93.2r	127.7r	83.4r	62.9r	50.6r	33.7r	83.6r	74.1r	39.5a	804.1
1997	59.1r	14.8r	40.2	52.1r	49.0r	94.9r	19.9r	10.4r	29.0r	57.3r	66.2r	1.6r	494.5
1998	9.0r	59.4r	7.3r	91.8r	129.1r	39.4r	55.0r	67.9i	81.7r	101.1r	41.0r	50.8r	733.5
1999	36.0r	87.3r	54.4r	58.8r	66.8r	111.1r	23.3r	48.2i	90.6r	85.6r	90.4r	67.3r	819.8
2000	25.9	147.0	58.2	52.5	104.6	68.6	45.5	51.9	89.8	47.5	32.8	27.0	751.3
2001	8.4	17.9	38.8	9.6	83.2	35.9	30.6	14.1	52.9	36.9g	45.5	62.7	436.5
2002	14.8	16.3	100.2	140.6	85.5	74.7	19.9	25.2	25.6	56.4	40.3	34.6	634.1
2003	2.7	11.0	75.6	71.4	31.0	59.2	31.1	37.6	50.7	75.9	68.0	20.7	534.9
2004	21.9r	44.6r	39.8r	164.8r	118.0r	52.9r	68.0r	25.4r	43.4r	159.2r	72.9r	21.2r	832.1
2005	18.5r	35.4r	61.5r	100.5r	156.1r	32.2r	49.5r	55.4r	79.0r	111.1r	59.5r	75.3r	834.0
2006	39.4r	8.4r	130.0r	111.7r	160.7r	95.0r	24.0r	30.5r	43.1r	183.3r	126.4r	18.7r	971.2
2007	3.5r	15.1r	38.7r	160.9r	103.8r	66.2r	44.4r	84.3r	17.8r	142.9r	80.7r	106.0r	864.3
2008	23.3r	72.5r	136.8i	125.9r	202.0i	162.9r	64.6i	66.0i	49.4r	161.6i	146.1i	77.8i	1 288.9
2009	21.2r	77.0r	128.8r	72.4i	15.1r	71.4r	32.7r	28.9r	12.9r	104.1r	114.8	34.1	713.4
2010	1.4	11.8	32.1	120.0	203.7a	93.7	104.5	34.0	35.1i	83.3	209.4	114.3	1 043.3
2011	41.7	65.6	115.7	152.6	114.8	44.2	41.4	43.2	52.1	106.9	174.5	116.2	1 068.9
2012	31.2	78.5	92.8	235.3	81.8	33.4	48.7	34.0	9.7	101.3	24.9	27.2	798.8
2013	3.1	69.9	80.6	87.4	108.0	23.3	50.2	42.6	22.3	73.1	97.7	85.9	744.1
2014	32.2	42.9	75.5	92.6	88.5	38.8	19.1	30.5	45.2	72.8	102.4	58.2	698.7
2015	24.9	11.5	77.0	60.4	37.2	32.1	49.6	15.8	27.0	24.3	91.9	2.7	454.4
2016	5.7	38.8	41.3	135.9	81.3	29.1	50.7	57.9	52.8	27.6	142.6	90.3	754.0
2017	28.8	25.3	152.1	53.7	170.0	76.6	33.5	59.0	23.3	70.7	125.3	54.1	872.4
2018	38.6	31.8	119.6	176.2	163.8	49.7	42.3	35.7	28.2	69.1i	106.4	0.4	861.8
2019	19.5	11.7	83.4	105.5	115.1	49.1	38.9	29.6	29.9	79.5	88.4	47.2	697.8
2020	9.3	46.0	82.5	49.2i		61.3i	112.7	53.8	43.9	17.0			475.7
MED	22.0	40.7	77.8	100.1	101.1	60.0	43.1	40.3	42.9	80.4	93.2	48.6	750.2
MAX	59.1	147.0	152.1	235.3	203.7	162.9	112.7	84.3	90.6	183.3	209.4	116.2	235.3
MIN	1.4	4.8	7.3	9.6	15.1	17.7	18.8	10.4	9.7	8.9	24.9	0.4	0.4

Fuente: EAAB.

Ilustración 64. IDF estación Saucedal II



Fuente: EAAB.

6.7.4. Diseño cuneta verde número 3

Para el diseño de la cuneta, se tiene en cuenta el área definida en la Ilustración 62, y los coeficientes de escorrentía de acuerdo con la Tabla 79. Para el diseño que se va a realizar por la metodología Denver, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Intensidad de lluvia para 3 años:** 57.3 mm/h
- **Intensidad de lluvia para 10 años:** 72.10 mm/h

Tabla 83. Coeficientes de impermeabilidad y áreas aferentes para la zona de la cuneta verde número 3.

ÁREA	C	A_d (m^2)	CA_d (m^2)
Área 1	0.86	2648.52	2277.72
Total		2648.52	2277.72
C_{prom}			0.86

Fuente: NS-166 EAAB.

Tabla 84. Caudal pico y caudal de verificación para la cuneta verde número 3.

Caudal pico	
PR (años)	3
$i_{2\text{-}5}$ (mm/hr)	57.3
D (hr)	0.25

$Q_{2\text{-}5}$ (m^3/s)	V (m^3)
0.036	32.63

Caudal de verificación	
PR (años)	10
i_{10} (mm/hr)	72.10
D (hr)	0.25
Q_{10} (m^3)	0.046

Fuente: NS-166 EAAB.

- **Longitud de la cuneta (L):** 51.74m
- **Pendiente disponible (Sp):** 0.023 m/m (ver Ilustración 10)
- **Pendiente de diseño (S):** 0.01 m/m
- **Pendiente lateral del canal Z:1 (Z):** 3:1
- **Ancho del fondo de la cuneta (Wf):** 0.80 m.
- **N de Manning:** Para el coeficiente de rugosidad se tomó como base el libro de Ven te chow denominado "Hidráulica de canales abiertos", escogiendo un valor de 0.050 que hace referencia a Excavado o dragado, excavado con pala o dragado y matorrales ligeros en las bancas, como puede verse en la siguiente tabla:

Tabla 85. Coeficiente de Manning para la cuneta verde número 3

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra; recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140

Fuente: Ven te Chow.

Los valores tomados para cada uno de los parámetros relacionados previamente, fueron asignados teniendo en cuenta el dato mínimo recomendado por la NS-166: "CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)". Lo anterior, considerando las características del suelo.

Tabla 86. Diseño de cuneta verde trapezoidal número 3

Variable	***Unidades***	***Valor***
Procedimiento de diseño		
Caudal de diseño para un periodo de dos a cinco años ($Q_{2\text{-}5}$)	m^3/s	0.036
Tiempo de residencia hidráulico		
Longitud de la cuneta (L)	m	51.74
Tiempo de residencia calculado (T_{rs})	h	0.04

1296

Variable	*Unidades*	*Valor*
Pendiente longitudinal		
Pendiente disponible (S_p)	m/m	0.023
Pendiente de diseño (S)	m/m	0.010
Geometría de la cuneta		
Pendiente lateral del canal Z:1 (Z)	-	3.00
Condición pendiente lateral del canal	-	Cumple
Ancho del fondo de la cuneta (W_f)	m	0.80
Velocidad		
Velocidad de diseño (v_f)	m/s	0.35
Condición velocidad de diseño	-	Cumple
Diseño		
Caudal de diseño (Qs2)	m^3/s	0.04
n de Manning	-	0.050
Profundidad de flujo (d)	m	0.095
Condición profundidad de flujo	-	Cumple
Área de flujo (Aw)	m2	0.10
Ancho superior de la cuneta (Wsd)	m	1.37
Gravedad (g)	m/s2	9.81
Número de Froude (F)	-	0.41
Condición número de Froude	-	Cumple
Radio hidráulico (RH)	m	0.07
Borde libre		
n de Manning	-	0.050
Caudal para un periodo de diez años (Q_{10})	m^3/s	0.046
Profundidad asociada a un evento con periodo de retorno de 10 años (d_{eext})	m	0.11
Borde libre recomendado (d_L)	m	0.15
Profundidad mínima cuneta (d_{to})	m	**0.25**
Ancho superior de la cuneta para profundidad mínima (W_s)	m	**2.29**
Profundidad real cuneta (dtor)	m	**0.40**
Condición profundidad real cuneta	-	**Cumple**
Ancho superior de la cuneta de acuerdo a la profundidad real (Wsr)	m	**3.20**

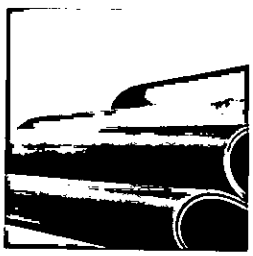
Fuente: NS-166 EAAB.

1297

6.7.5. Materiales para la zona de cuneta verde número 3

- **Geomembrana:** se implementará una geomembrana de Policloruro de Vinilo (PVC), que evite el cruce del agua al suelo.

Ilustración 65. Geomembrana de Policloruro de Vinilo para la zona de cuneta verde número 3



Fuente: Geoandes[32]

- **Enrocado de entrada:** Se implementará un enrocado entre 7 y 15 centímetros de diámetro, para disminuir la velocidad del caudal de entrada a la zona de la cuneta.

Ilustración 66. Enrocado de entrada cuneta número 3



Fuente: SuD Sostenible[33]

- **Vegetación:** la planta seleccionada a implementar, se clasifica según su requerimiento hídrico como Hidrófitas, las cuales se caracterizan porque son plantas que suelen encontrarse en el agua, en suelos muy saturados (usualmente cerca a cuerpo de agua). Las especies conocidas como Hidrófitas están adaptadas a medios muy húmedos, y pueden encontrarse como plantas acuáticas.

    - **Papiro (Cyperus papyrus):** esta planta crece rápidamente y no necesita grandes atenciones y exige mucha humedad. Las hojas son de color verde jade, largas, delgadas y firmes, sus espigas son marrones y crecen de 10cm a 30 cm de largo. El papiro se

[32] Geoandes. Consultado 17 de noviembre de 2022 en: https://acortar.link/zVwAYI
[33] SuD Sostenible. Consultado 16 de septiembre de 2021 en: http://sudsostenible.com/consideraciones-enel-diseno-de-las-areas-de-biorretencion/

multiplica principalmente a través de sus rizomas, de los que brotan nuevos troncos a intervalos regulares

Ilustración 67. Vegetación – Papiro para la zona de cuneta verde número 3



Fuente: Flora[34]

Adicionalmente para la zona del talud se utilizará pasto cola de zorro proyectado por el componente arquitectónico para las zonas verdes, con el fin de garantizar un mantenimiento óptimo.

Ilustración 68. Vegetación – pasto cola de zorro para la zona de cuneta verde número 3



Fuente: ResearchGate [35]

6.7.6. Diseño de tuberías de alcantarillado para la tipología número 7

Para el tramo de tubería que hace parte de la descarga de la tipología implementada, se tienen en cuenta los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

- **Periodo de retorno:** Para el área seleccionada se tomó un periodo de retorno para diseño de 5 años debido a que hace parte de redes locales y secundarias en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.

[34] Flora. Consultado 11 de octubre de 2021 en: http://aquiluchos.net/2017/jun/papiro.php
[35] ResearchGate. Consultado 15 de octubre de 2021 en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Pasto-Aleman-Echinochloa-polystachya-comun-en-zonas-de-terrenos-inundados-la_fig1_280082284

. Tabla 87. Periodo de retorno mínimo según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Periodo de retorno para diseño (años)
Tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado en zonas residenciales, comerciales, industriales, institucionales o mixtas.	5
Tramos de la red troncal de alcantarillado, zonas comerciales de alto valor e infraestructura especial como Aeropuertos, Hospitales, Centros de emergencia y Deprimidos Viales.	10
Canales abiertos y adecuación de cauces de ríos y quebradas de cualquier área.	100

Fuente: NS-085 EAAB

- **Caudal de diseño:** Se realizará por el método racional, debido a que el área de aporte no supera las 80 Ha.
- **Coeficiente de escorrentía:** Se toma para las zonas de parqueaderos un coeficiente de 0.86 como se describió anteriormente.
- **Tiempo de concentración:** Se toma como mínimo de 15 minutos de acuerdo a la norma NS-085 para tramos iniciales.
- **Coeficiente de rugosidad de Manning:** Para los conductos se utilizará tubería PVC por lo que el coeficiente seleccionado es de 0.010.

Tabla 88. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material*	Material	n
Interior Liso	Tubería de PVC. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). Tubería con recubrimientos epóxidos o similares.	0.010
Interior Semi-rugoso	Tubería de concreto prefabricado. Tubería de GRES.	0.013

Fuente: NS-085 EAAB

- **Velocidad mínima:** Para el alcantarillado pluvial, será tal que garantice el valor del esfuerzo cortante medio mayor a 1 N/m2 de acuerdo con la normativa de la EAAB.

- **Velocidad máxima:** Será máximo de 9 m/s debido a que la tubería a utilizar es PVC.

1300

Tabla 89. Velocidad máxima permisible

Material	Velocidad máxima permisible (m/s)*
Conductos cerrados	
Concreto fundido *in situ (box culvert)*	5.0
Concreto prefabricado (tuberias)	6.0
PVC - PEAD*	9.0
Fibra de vidrio GRP.	4.0

Fuente: NS-085 EAAB

- **Intensidad:** De acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, se tiene una intensidad de 63.20 mm/hr. Para la verificación de intensidad de lluvia, se solicitó a la EAAB la información de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio (ver Ilustración 22), de acuerdo con esto, la estación más cercana al predio y que cuenta con datos suficientes para el desarrollo del estudio es la estación Saucedal II, de la cual se tienen los datos de precipitación máxima en 24 horas, número de días de lluvia y precipitación total mensual, como se muestra en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21, de esta información se creó la IDF.

Tabla 90. Caudales para las tuberías de la tipología número 7

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
PARQUEADERO	2648.52	0.86	40.02

Fuente: Propia

Tabla 91. Cálculo de los colectores de la tipología número 7

DESCRIPCIÓN GENERAL									CONDICIÓN A TUBO LLENO		
Punto		Caudal Propio (l/s)	Caudal Q (m^3/s)	Tipo/Material de Tubería	Coeficiente de Manning	Diámetro nominal	Diámetro int (m)	Pend. (%)	Qo (m^3/s)	Vo	to (kg/m^2)
Nodo i	Nodo j										
CUNETA 3	CAJA 6	40.02	0.0400								
CUNETA 3	CAJA 6	20.01	0.0200	PVC_ALC	0.010	160	0.145	10.00%	0.057	3.46	3.63
CÁRCAMO 1	CUNETA	3.33	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 2	CUNETA	3.33	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	0.50%	0.005	0.60	0.12
CÁRCAMO 3	CUNETA	3.33	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	3.00%	0.011	1.47	0.74
CÁRCAMO 4	CUNETA	3.33	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	2.00%	0.009	1.20	0.50
CÁRCAMO 5	CUNETA	3.33	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	2.00%	0.009	1.20	0.50
CÁRCAMO 6	CUNETA	3.33	0.0033	PVC_ALC	0.010	110	0.099	2.00%	0.009	1.20	0.50

DESCRIPCIÓN GENERAL		RELACIÓN Q/Qo	RELACIONES HIDRÁULICAS Y CONDICIÓN DE FLUJO REAL Y REVISIÓN DE CRITERIOS							
Punto		Q/Qo	Y/f	V/Vo	V real (m/s)	H/f	H	Froude	t/t$_o$	t (kg/m^2)
Nodo I	Nodo J									
CUNETA 3	CAJA 6									
CUNETA 3	CAJA 6	0.35	0.453	0.76	2.64	0.35	0.050	3.76	0.94	3.40
CÁRCAMO 1	CUNETA	0.72	0.702	0.96	0.58	0.64	0.064	0.73	1.19	0.15
CÁRCAMO 2	CUNETA	0.72	0.702	0.96	0.58	0.64	0.064	0.73	1.19	0.15
CÁRCAMO 3	CUNETA	0.29	0.417	0.72	1.06	0.31	0.031	1.93	0.89	0.66
CÁRCAMO 4	CUNETA	0.36	0.468	0.78	0.93	0.36	0.036	1.58	0.96	0.47
CÁRCAMO 5	CUNETA	0.36	0.468	0.78	0.93	0.36	0.036	1.58	0.96	0.47
CÁRCAMO 6	CUNETA	0.36	0.468	0.78	0.93	0.36	0.036	1.58	0.96	0.47

DESCRIPCIÓN GENERAL		CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA						
Punto		Longitud (m)	Cota rasante Inicial (m)	Cota Clave Inicial (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota rasante Final (m)	Cota Clave Final (m)	Cota Batea Final (m)
Nodo i	Nodo j							
CUNETA 3	CAJA 6							
CUNETA 3	CAJA 6	3.72	2542.00	2541.73	2541.57	2542.00	2541.36	2541.20
CÁRCAMO 1	CUNETA	5.00	2542.60	2542.43	2542.33	2542.50	2542.41	2542.31
CÁRCAMO 2	CUNETA	5.00	2542.55	2542.38	2542.28	2542.52	2542.36	2542.26
CÁRCAMO 3	CUNETA	5.00	2542.45	2542.28	2542.18	2542.27	2542.13	2542.03
CÁRCAMO 4	CUNETA	5.00	2542.28	2542.11	2542.01	2542.12	2542.01	2541.91
CÁRCAMO 5	CUNETA	5.00	2542.20	2542.03	2541.93	2542.05	2541.93	2541.83
CÁRCAMO 6	CUNETA	5.00	2542.15	2541.98	2541.88	2542.00	2541.88	2541.78

Fuente: Propia

7. VERIFICACIÓN DE CAUDALES

Ahora bien, debido a la modificación del coeficiente de escorrentía del predio existente con respecto a lo proyectado, se realiza una verificación de la modificación del caudal pluvial con una intensidad de 63.20 mm/hr, de acuerdo con el periodo de retorno de 5 años y con la duración de 15 minutos, además de las áreas y los coeficientes que se describen a continuación:

Tabla 92. Caudales condición existente

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
CUBIERTA	470.69	0.80	6.62
ZONA VERDE	40351.67	0.34	241.05
TOTAL			247.66

Fuente: Propia

Tabla 93. Caudales condición nueva

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
CUBIERTA	10602.00	0.80	149.02
SENDEROS	8721.50	0.80	122.59
ZONA VERDE	9494.11	0.34	56.71
PARQUEADERO	8957.14	0.77	121.18
TOTAL			**449.50**

Fuente: Propia

Tabla 94. Caudales manejados mediante tipologías SUDS

ZONA	Área aferente (m2)	Coeficiente de escorrentía	Caudal (L/s)
CUBIERTA	5010.45	0.80	70.43
SENDEROS	1032.94	0.80	14.52
ZONA VERDE	6071.39	0.34	36.27
PARQUEADERO	8957.14	0.77	121.18
TOTAL			**242.39**

Fuente: Propia

De acuerdo con la Tabla 92, el caudal pluvial aportado por la condición actual del proyecto es de 247.66 l/s y el caudal proporcionado por la nueva construcción del velódromo es de 449.50 l/s (ver Tabla 93). La diferencia entre estos caudales es de 201.83 l/s, lo que equivale a un aumento de caudal de aguas lluvias de aproximadamente un 82%. Debido a esto y al área del velódromo, se contempla la implementación de las tipologías SUDS; en este sentido, las tipologías crean un manejo de caudal de 242.39 l/s (ver Tabla 94), lo que indica un manejo de caudales en aproximadamente un 54% con respecto al caudal adicional de 201.83 l/s, logrando cumplir con el objetivo de la implementación de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible con la implantación de las 3 zonas de bioretención, el tanque de almacenamiento y las cunetas verdes descritas y calculadas anteriormente.

8. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN

De acuerdo con la NS-166, para asegurar el correcto funcionamiento de los SUDS, las actividades de mantenimiento se agrupan en medidas preventivas, que incluyen actividades regulares y ocasionales, y medidas correctivas o remediales que tienen mayor frecuencia, buscando que, al realizar mantenimientos e inspecciones frecuentes, no se requiera de rehabilitación o reconstrucción de los sistemas.

De manera general, para las tipologías SUDS aplicables en el proyecto se deben tener en cuenta el siguiente mantenimiento:

Tabla 95. Mantenimiento general para las tipologías SUDS

ACTIVIDAD	CUNETAS VERDES	ZONAS DE BIORETENCIÓN
MANTENIMIENTO REGULAR		
Inspección	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia
Remoción de residuos	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia
Poda de césped	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia
Mantenimiento de arbustos y árboles	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia
Mantenimiento de vegetación acuática	No requiere	No requiere
Control de plantas invasoras y maleza	Se requiere con baja frecuencia	Se requiere con baja frecuencia
MANTENIMIENTO OCASIONAL		
Remoción de basuras y sedimentos	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia	Debe realizarse de manera obligatoria y con alta frecuencia
Sustitución de especies vegetales	Se requiere con baja frecuencia	Se requiere con baja frecuencia
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
Reparación estructural	Se requiere con baja frecuencia	Se requiere con baja frecuencia
Rehabilitación de la superficie infiltrante	Se requiere con baja frecuencia	Se requiere con baja frecuencia

Fuente: NS-166

Además, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- **Inspección:** se deben realizar inspecciones rutinarias para determinar el nivel de funcionamiento, el estado y el requerimiento de mantenimiento del sistema. Además de esto, las inspecciones ayudan a prevenir la necesidad de implementar mantenimiento correctivo al identificar previamente fallas del sistema por bloqueos o disminución de la capacidad de infiltración.

- **Remoción de residuos y escombros:** La remoción de residuos es necesaria de manera frecuente, especialmente en estructuras que pueden bloquearse fácilmente, como estructuras de entrada, y salida. Esta actividad reduce los riesgos de bloqueos en las estructuras de entrada y salida, así como también minimiza las fuentes de contaminación del agua.

- **Mantenimiento de arbustos y árboles:** depende directamente del tipo de vegetación y de las condiciones climáticas del sitio a intervenir. Sin embargo, es necesario considerar la poda de los arbustos y el césped, la remoción de maleza de los arbustos, e incluso en zonas secas la necesidad de riego para el crecimiento apropiado de las especies. En caso de que unos meses después de la construcción de la estructura de drenaje las especies seleccionadas no se adapten a las condiciones del área, éstas se deben remover y ser reemplazadas por nuevos individuos o diferentes especies. Por esto, se recomienda mantener la altura de los pastos en un rango entre 100 y 150 mm, y para pastos con usos recreativos se recomiendan alturas entre 35 y 50 mm. A su vez, los pastos cercanos a las estructuras de entrada y salida pueden tener una menor altura con el fin de evitar daños en el sistema.

- **Mantenimiento de vegetación acuática:** se deben definir las tasas de remoción de material muerto en las zonas acuáticas.

- **Control de plantas invasoras y maleza:** debe realizarse de manera ocasional, debido a que estas plantas pueden crecer de manera descontrolada y generar problemas en el funcionamiento de los sistemas implementados. Se recomienda la remoción manual de estas especies, con el fin de minimizar la aplicación de herbicidas, pesticidas y fertilizantes.

- **Manejo de residuos orgánicos:** Al considerar que varias tipologías de SUDS utilizan componentes biológicos para su funcionamiento, una fracción considerable de los residuos generados está compuesta por residuos orgánicos, por lo que es conveniente incluir estas actividades dentro de la operación de los sistemas. Esta actividad es fundamental para asegurar la eficiencia de los sistemas de drenaje a largo plazo. Sin embargo, no existe una frecuencia definida que asegure un funcionamiento adecuado de las tipologías.

- **Sustitución de especies vegetales:** se debe realizar de manera ocasional con el fin de asegurar que la capa vegetal se encuentre en un estado adecuado de funcionamiento.

- **Rehabilitación estructural:** es posible que se deban desarrollar actividades de rehabilitación a algunas estructuras de las tipologías, o incluso reconstrucciones completas de algunos

componentes. Es importante resaltar que, si las inspecciones rutinarias y las actividades de mantenimiento han sido desarrolladas de manera óptima, la rehabilitación estructural solamente se dará en casos extremos.

También debe tenerse en cuenta la siguiente información para cada una de las tipologías propuestas.

Tabla 96. Operación y mantenimiento para tanques de almacenamiento

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Remover residuos acumulados en canalones, bajantes y rejillas	Mensual	
Remover residuos acumulados en los Sistemas de pretratamiento y rebose	Mensual	
Limpiar el sistema de primer lavado (desarenador)	Trimestral	Si
Remover arenas y sedimentos de las rejillas y estructura de rebose	Semestral	Si
Remover los lodos acumulados en el tanque desarenador	Mayor a un año	Si
Reparar o reemplazar componentes dañados	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Reparar o reemplazar los sistemas de pretratamiento y rebose	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Reparar el sistema de bombeo	Mayor a un año	Según el tipo de bomba

Fuente: NS-166

Tabla 97. Requisitos de inspección para tanques de almacenamiento

REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Acumulación de residuos en los componentes del sistema	Mensual	
Pérdida de estructuras o daños en éstas por acciones de vandalismo	Mensual	
Daños físicos en las estructuras por eventos extremos	Mensual	Se recomienda realizar la inspección después de eventos extremos
Obstrucciones en las estructuras de entrada y salida	Mensual	
Obstrucciones en los sistemas de pretratamiento y rebose	Mensual	
Presencia de fugas en tuberías	Semestral	
Estado y funcionamiento de bajantes, rejillas y canalones	Mensual	
Verificar el funcionamiento apropiado del sistema de bombeo	Anual	

REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Acumulación de lodos en el fondo del tanque	Anual	Se recomienda instalar una mira/nivel
Acumulación de sedimentos en las estructuras	Semestral	

Fuente: NS-166

Tabla 98. Operación y mantenimiento para zonas de bioretención

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Remover residuos acumulados en las estructuras de entrada y salida	Mensual	
Remover arenas y sedimentos de las estructuras	Semestral	
Reparar los sistemas de disipación de energía	Mayor a un año	Si, por daños de erosión
Reparar o reemplazar las estructuras de entrada y salida	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Reparar o reemplazar los sistemas de rebose	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Reparar o reemplazar el recubrimiento (geotextil - geomembrana)	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Vegetación		
Podar árboles y arbustos (reúso para la capa orgánica)	Semestral	Según características de las especies
Regar árboles, arbustos y césped	Quincenal	Según condiciones climáticas
Replantar plantas y arbustos	Semestral	Si, por poca cobertura vegetal
Replantar árboles	Mayor a un año	Si, por poca cobertura vegetal
Tratar árboles enfermos y reemplazar plantas muertas	Semestral	Si
Remover plantas invasoras	Trimestral	Si
Control de plagas		
Manejar plagas y eliminar zonas de crecimiento de especies no deseadas	Semestral	Si, principalmente roedores
Sustrato		
Complementar el mantillo para mantener la profundidad de diseño	Anual	Si, por poca estabilidad de la vegetación
Remover y reemplazar el mantillo	Mayor a un año	Si, por poca estabilidad de la vegetación
Restauración y estabilización de zonas erosionadas	Semestral	Si, por erosión de la banca

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Otras		
Barrido de áreas circundantes	Quincenal	
Se debe generar señalización y comunicación directa con el personal para evitar descargas de vectores contaminantes a las zonas de bioretención.	Cada vez que se presente	Se deben cerrar las conexiones de las tuberías, además debe ser controlarlo en principio por las personas que trabajan en el sitio, que deberán tener kit de control de derrames. En casos graves, se deberá llamar a las líneas de atención de las autoridades ambientales de la zona

Fuente: NS-166

Tabla 99. Requisitos de inspección para zonas de bioretención.

REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Acumulación de residuos en los componentes del sistema	Mensual	
Pérdida de estructuras o daños en éstas por acciones de vandalismo	Mensual	
Daños físicos en las estructuras por eventos extremos	Mensual	Se recomienda realizar la inspección después de eventos extremos
Obstrucciones en las estructuras de entrada y salida	Mensual	
Daños físicos en el recubrimiento (geotextil - geomembrana)	Anual	
Acumulación de sedimentos en las estructuras	Semestral	
Vegetación		
Revisión fitosanitaria de las diferentes especies	Trimestral	
Disminución de la densidad de vegetación óptima	Trimestral	Se puede llevar un registro fotográfico para poder realizar comparaciones
Acumulación de material vegetal muerto	Semestral	Residuos pueden ser reutilizados
Presencia de especies invasoras y/o maleza	Trimestral	
Sustrato y/o capa filtrante		
Evidencia de contaminación por aceites, gasolina y otros contaminantes	Mensual	Especialmente en el área de entrada y las zonas laterales del sistema
Evidencia de daños por erosión	Mensual	

REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Estabilidad de la vegetación y condiciones visuales del mantillo	Semestral	
Test de pH para la capa orgánica	Anual	
Aumento de las zonas de pondaje, estancamiento de agua	Trimestral	Se recomienda verificar que el tiempo de pondaje sea menor a 48 h
Otras		
Fuentes adicionales de entrada de agua al sistema, conexiones ilegales	Trimestral	

Fuente: NS-166

Tabla 100. Operación y mantenimiento para cunetas verdes

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Remover residuos acumulados en las estructuras de entrada y salida	Mensual	
Remover residuos acumulados en los sistemas de rebose	Mensual	
Remover contaminantes flotantes	Mensual	Si, grasas y aceites principalmente
Reparar los sistemas de disipación de energía	Mayor a un año	Si, por daños de erosión
Reparar o reemplazar las estructuras de entrada y salida	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Reparar o reemplazar los sistemas de rebose	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Reparar o reemplazar el recubrimiento (geotextil - geomembrana)	Mayor a un año	Si, por daños en la estructura
Vegetación		
Podar árboles y arbustos de zonas cercanas	Semestral	Si, por exceso de sombra a plantas menores
Regar vegetación	Quincenal	Según condiciones climáticas
Replantar y/o reemplazar capa de césped	Semestral	Si, por poca cobertura vegetal
Podar pastos para mantener la altura de diseño	Trimestral	Según recomendaciones para franjas de césped
Remover plantas invasoras	Trimestral	Si
Control de plagas		
Manejar plagas y eliminar zonas de crecimiento de especies no deseadas	Semestral	Si, principalmente roedores
Sustrato		

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Nivelar el fondo de la cuneta para conservar pendiente longitudinal	Anual	
Restauración y estabilización de zonas erosionadas	Semestral	Si, por erosión de los taludes laterales
Otras		
Barrido de áreas circundantes	Quincenal	

Fuente: NS-166

Tabla 101. Requisitos de inspección para cunetas verdes

REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Acumulación de residuos en el canal	Mensual	
Pérdida de estructuras o daños en éstas por acciones de vandalismo	Mensual	
Daños físicos en las estructuras por eventos extremos	Mensual	Se recomienda realizar la inspección después de eventos extremos
Obstrucciones en las estructuras de entrada y salida	Mensual	
Daños físicos en el recubrimiento (geotextil - geomembrana)	Anual	
Acumulación de sedimentos en las estructuras	Semestral	
Vegetación		
Revisión fitosanitaria de las diferentes especies	Trimestral	
Disminución de la cobertura vegetal óptima (>90%)	Trimestral	Se puede llevar un registro fotográfico para poder realizar comparaciones
Acumulación de material vegetal muerto	Semestral	
Presencia de especies invasoras y/o maleza	Trimestral	
Control de plagas		
Evidencia de actividad animal (plagas) como roedores	Mensual	
Sustrato		
Evidencia de contaminación por aceites, gasolina y otros contaminantes	Mensual	

REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN		
Componentes del Sistema	**Ocurrencia**	**Comentario**
Evidencia de daños por erosión	Mensual	Especialmente en el área de entrada y las zonas laterales
Aumento de las zonas de pondaje, estancamiento de agua	Trimestral	Se recomienda verificar que el tiempo de pondaje sea menor a 24 h
Otras		
Direccionamiento del flujo de agua en sentidos diferentes al del canal	Trimestral	
Fuentes adicionales de entrada de agua al sistema, conexiones ilegales	Trimestral	

Fuente: NS-166

9. RECOMENDACIONES PARA SU ADECUADA CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Como recomendaciones generales para la implementación de las tipologías SUDS, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la red de drenaje prexistente.
- Se deben implementar prácticas de control de erosión y sedimentos durante todo el proceso constructivo.
- La roca de relleno debe ser lavada antes de la construcción para evitar colmatación prematura en las estructuras.
- Se debe verificar instalación de geotextiles o geomembranas.
- Se debe considerar grosor de cobertura vegetal para asegurar cotas de diseño.
- Se debe disminuir al máximo el uso de maquinaria pesada.
- Se debe realizar el replanteo final de cotas de diseño.
- Se debe realizar la comprobación de operación adecuada (caudales y calidad del agua dentro de rangos esperados, estado de la cobertura vegetal).
- Se deben instalar vallas informativas.

Adicionalmente para cada tipología:

9.1 Zonas de bioretención

- En la etapa de construcción, tanto para la base del área de bioretención como para el relleno es muy importante minimizar la compactación.
- En la base se pueden mejorar las condiciones del suelo, realizando labores de labranza para reestructurar el suelo.

- El material del sustrato debe ser situado y compactado ligeramente para prevenir subsidencia o drenaje heterogéneo.

9.2 Tanque de almacenamiento

- El tanque debe ser instalado donde el suelo o las estructuras de los edificios puedan soportar la carga asociada con el volumen de agua almacenada.
- La ubicación del tanque debe ser tal que permita un fácil acceso para la limpieza, inspección y mantenimiento.

9.3 Cunetas verdes

- Antes de iniciar la operación de las cunetas verdes, se deben haber removido todos los sedimentos generados por las actividades de excavación y adecuación del suelo, para asegurar un buen funcionamiento del sistema, antes de iniciar su operación,
- Puede iniciarse el drenaje del agua por la cuneta una vez se hayan estabilizado todas las zonas cercanas al sistema.

Adicional a las actividades generales de mantenimiento, es necesario tener en cuenta las recomendaciones relacionadas a la puesta en marcha y la operación de las tipologías de SUDS, con el fin de que mantengan un buen rendimiento. Algunas de estas actividades adicionales corresponden a:

- **Establecimiento de la vegetación:** la cobertura vegetal debe ser densa y bien establecida. Es por esto, que se debe asegurar un tiempo mínimo para que las plantas crezcan y las raíces se profundicen (variable según la especie, las condiciones climáticas y las características del suelo), por lo que se deben analizar las especies vegetales que se van a implementar y verificar los tiempos requeridos para su establecimiento. En periodos secos, las plantas pueden requerir de actividades de irrigación para promover su correcto desarrollo.

- **Control de sedimentos:** se debe considerar para todas las tipologías SUDS. Sin embargo, el control de sedimentos se debe hacer durante la construcción, puesta en marcha y operación de los SUDS. Es muy importante verificar si se desarrollan nuevas construcciones en cercanías a las tipologías, dado que pueden producir un aumento de las concentraciones de sólidos y otros contaminantes que pueden afectar la eficiencia de los SUDS.

- **Desviación de la escorrentía:** cuando se pone en marcha la tipología, se debe tener en cuenta que deben desviarse los cursos de agua naturales o los diseñados para el funcionamiento del SUDS, dado que las tipologías no deberían entrar en contacto con la escorrentía antes de entrar en total operación.

Por último, es importante tener en cuenta que, aunque los sistemas de drenaje en general funcionan por sí solos, y no requieren de una gran cantidad de actividades de operación, el esfuerzo para este tipo de sistemas debe enfocarse en las actividades de mantenimiento, para que operen de forma correcta. Por

tal razón, se recomienda evaluar de manera atenta las actividades de mantenimiento, ya que sin éstas un sistema de urbano de drenaje sostenible no podrá operar de manera adecuada.

10. METODOLOGÍA GENERAL

Cada una de las fases involucra actividades diferentes. A continuación, se presentarán las especificaciones de cada una de las etapas.

10.1. Etapa previa a la construcción

Esta etapa consiste en recolectar la mayor cantidad de información posible sobre los usos actuales que se le dan al terreno donde se pretende construir los SUDS (informe de diseño). Por otra parte, se busca informar a la comunidad de aspectos como beneficios por su implementación, recomendaciones de operación, instrucciones y orientación sobre cómo llevar a cabo las diferentes actividades de monitoreo y mantenimiento.

La metodología a aplicar en la fase previa a la construcción es:

- **Localizar el área de interés para la implementación de SUDS:** se debe realizar un primer acercamiento a la zona en donde se planea desarrollar el SUDS.

- **Identificar los actores involucrados:** identificar los actores que tengan interés en el proyecto.

- **Comunicarse directamente con la comunidad:** en este paso se busca establecer contacto directo con las personas que frecuentemente interactúan con la zona a intervenir y así obtener información relevante. Si se llegarán a presentar dificultades para establecer una comunicación con la comunidad, se recomienda buscar incentivos que faciliten la interacción.

- **Realizar encuestas y cartografía social:** se busca identificar el conocimiento previo de los actores sobre los SUDS.

- **Contactar entidades involucradas:** es importante involucrarlas en los proyectos de SUDS, ya que pueden ofrecer una visión integral de la comunidad y sus interacciones.

- **Realizar encuesta/entrevista y/o cartografía social:** el objetivo de esta etapa es recopilar información primaria y relevante de cada entidad con respecto a la caracterización de la población y zona de influencia del territorio a intervenir. Lo anterior se puede realizar mediante el desarrollo de encuestas o entrevistas, dependiendo del número de personas a las que se dirige.

- **Desarrollar actividad específica con la población seleccionada:** la actividad a aplicar debe ser específica para cada entidad, debido a que la información que se desea recolectar de cada una de éstas es diferente. Se debe seleccionar una de las siguientes actividades a partir de los objetivos a alcanzar con cada entidad.

Tabla 102. Herramientas participativas

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Taller informativo	Son actividades en las cuales se le da a conocer a la comunidad los SUDS. Se recomienda realizar esta socialización por medio de imágenes y mediante la utilización de lenguaje coloquial.
Taller participativo	Consiste en generar una discusión alrededor de los SUDS en el que sea posible identificar problemáticas y preferencias sobre las características de los SUDS.
Grupo focal	Esta herramienta puede ser implementada en caso de que se cuente con un grupo de especialistas, para de esta manera conocer sus opiniones y perspectivas en relación a la implementación de SUDS, para poder identificar problemáticas desde un punto de vista técnico.

Fuente: NS-166

10.2. Etapa durante la construcción

En esta etapa se busca informar a las entidades y agentes sobre el proceso de la construcción de los sistemas de drenaje, que consta de los siguientes pasos:

- **Seleccionar actores pertinentes:** es necesario seleccionar a los actores pertinentes, es decir, a los agentes y las entidades administrativas, tanto públicas como privadas, que puedan ejercer una influencia en la zona en donde se desea implementar el SUDS.
- **Realizar cronograma de actividades y carteles informativos:** se debe realizar un cronograma en donde se detallen las actividades de construcción a realizar y la duración de las mismas. Además, los carteles informativos deben tener un lenguaje simple, complementado con imágenes.

Tabla 103. Objetivos de las actividades

ACTIVIDAD	OBJETIVO
Cronograma de actividades	Permite un seguimiento de las actividades de la obra, de tal forma que facilite a las entidades encargadas hacer veeduría del proceso.
Carteles informativos	Informar a los agentes sobre las actividades de la obra, esto con el fin de generar apropiación de las tipologías a implementar.

Fuente: NS-166

- **Identificar zonas donde van a ser ubicados los carteles informativos:** las zonas en donde se ubicarán los carteles deben ser visibles y de fácil acceso al público. Una vez identificadas las zonas de ubicación de los carteles se procede a ubicarlos desde el primer día de la construcción.

- **Entregar cronograma de actividades:** se entrega a las entidades previamente seleccionadas el cronograma de actividades.

- **Entregar informes de avance con periodicidad requerida:** en caso de que la entidad requiera avances, se debe entregar dichos informes. Estos informes deben contener, como mínimo, el título, el nombre de los responsables, un resumen de los avances con respecto a los objetivos planteados y el porcentaje de avance del mismo.

- **Informar a la entidad la finalización de la etapa de construcción:** se debe anunciar la finalización de las obras a las entidades para que éstas tengan conocimiento del producto final.

10.3. Etapa después de la construcción

El objetivo de esta etapa es lograr la apropiación de la estructura de SUDS por parte de los actores, además de fomentar el cuidado y mantenimiento de las diferentes tipologías implementadas. Esta etapa consta de las siguientes 2 fases:

- **Seleccionar actores pertinentes:** es necesario seleccionar a las entidades administrativas, tanto públicas como privadas, que puedan ejercer una influencia en la zona en donde se desea implementar el SUDS.

- **Realizar carteles formativos:** el objetivo de estos carteles es concientizar y educar a los actores acerca de la función que tienen los SUDS en la comunidad en la que fueron implementados.

Tabla 104. Carteles informativos

TIPO	CONTENIDO	OBJETIVO
Educativo	Características básicas y beneficios de los SUDS implementados.	Fomentar la apropiación de la comunidad hacia los SUDS.
Preventivo	Cómo la comunidad puede contribuir al cuidado y mantenimiento de los SUDS.	Evitar que la comunidad realice cierto tipo de acciones que puedan genera el deterioro de la estructura de SUDS.

Fuente: NS-166

- **Identificar zonas donde se va a ubicar e implementar los carteles formativos:** las zonas en donde se ubicarán los carteles deben ser visibles y de fácil acceso al público.

- **Ubicar carteles:** se recomienda que estos carteles se coloquen desde el día de la inauguración de la estructura.

- **Diseñar jornadas de integración:** el objetivo de las jornadas de integración es dar a conocer las estructuras de SUDS construidas.

- **Informar a los actores sobre las fechas y el número de jornadas de integración:** es de suma importancia informar con anterioridad la fecha de la actividad a realizar mediante un canal de comunicación apropiado.

- **Implementar jornadas de integración:** luego de diseñar y planear la jornada de integración, se procede a llevarla a cabo en las fechas establecidas.

11. CONCLUSIONES

- Los criterios de selección adoptados para definir el tipo de SUDS a implementar fueron mejoramiento de la calidad del agua, control de volúmenes, amenidad y conflictos de uso, mantenimiento y costos.

- De acuerdo con los análisis de alternativas presentados en este estudio para el velódromo, y teniendo en cuenta los criterios de selección, los procesos más viables son el almacenamiento por medio de zonas de bioretención, el almacenamiento y retención por medio de tanques de almacenamiento y el transporte por medio de cunetas, por lo que, de acuerdo con las características del suelo donde se encuentra el proyecto no es posible implementar estructuras como alcorques inundables y cuencas secas de drenaje extendido.

- La implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible en el Velódromo se realizará mediante: Tanque de almacenamiento, cunetas verdes y Zonas de bioretención:

    1. La tipología número 1 – zona de bioretención, está en la zona suroeste y consiste en una zona de bioretención alimentada por zonas duras y zonas verdes que descarga a una caja de la red pluvial. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 3128 m^2 aproximadamente.

    2. La tipología número 2 – zona de bioretención, está en la zona sureste y consiste en una zona de bioretención alimentada por zonas duras y zonas verdes que descarga a una caja de la red pluvial. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 1805 m^2 aproximadamente.

    3. El tanque de almacenamiento de aguas lluvias se encuentra ubicado en el interior de la edificación, tendrá una capacidad de 50 m^3 de acuerdo con la información suministrada por el diseñador de las redes hidrosanitarias y será utilizado para reutilizar aguas lluvias. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 5010 m^2 aproximadamente.

1316

4. La tipología número 4 – zona de bioretención, está en la zona este y consiste en una zona de bioretención alimentada por zonas duras y zonas verdes que descarga a una caja de la red pluvial. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 2172 m^2 aproximadamente.

5. La tipología número 5 – cuneta verde, está en la zona suroeste del parqueadero y consiste en una cuneta verde alimentada por zonas duras del parqueadero y que descarga a una caja de la red pluvial. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 3912 m^2 aproximadamente.

6. La tipología número 6 – cuneta verde, está en la zona noroeste del parqueadero y consiste en una cuneta verde alimentada por zonas duras del parqueadero y que descarga a una caja de la red pluvial. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 2133 m^2 aproximadamente.

7. La tipología número 7 – cuneta verde, está en la zona noroeste del parqueadero y consiste en una cuneta verde alimentada por zonas duras del parqueadero y que descarga a una caja de la red pluvial. Las áreas de recolección para este sistema corresponden a 2277 m^2 aproximadamente.

- La implementación de las tipologías SUDS propuestas para el velódromo logran generar un manejo de aproximadamente el 52% del caudal de exceso generado por la modificación del coeficiente de infiltración del suelo.

- La definición del tipo de sistema a adoptar surgió del análisis de parámetros como tasa de infiltración, nivel freático, pendientes y áreas disponibles.

- La implementación de los SUDS establecidos para el Velódromo Gibraltar da cumplimiento a su objetivo de reducción de velocidad de descarga de las aguas de escorrentía.

- Los diseños se realizaron dando cumplimiento a la Cartilla de Lineamientos para el Diseño de Parques del IDRD y a la normatividad vigente.

- El éxito en la implementación de los SUDS se garantiza con el cumplimiento en el uso de materiales, procedimientos constructivos y realizando los mantenimientos preventivos y correctivos de acuerdo con los lineamientos dados en este estudio.

- La vegetación utilizada para las tipologías SUDS proyectadas, se encuentra debidamente coordinada con la flora implementada en el CDRD Gibraltar para que exista armonía dentro de las zonas de SUDS de los proyectos.

1317

7. MEDIDAS DE CONTROL SST

7.1. MATRIZ DE RIESGOS Y PELIGROS SST

Programa de Prevención de Enfermedades por Riesgo Toxicológico con énfasis en arsénico y cromo hexavalente - Unión Temporal Metropolitano Porvenir

1. OBJETIVO

Describir el programa de medicina del trabajo, prevención y promoción de la salud enfocado principalmente en riesgo químico y actividades de alto riesgo teniendo en cuenta las características particulares descritas en Concepto Técnico 03441 del 31/03/2023 emitido por la Secretaría Distrital de Ambiente, donde determinaron los niveles de exposición a algunas sustancias peligrosas, dentro de las cuales están el arsénico y el cromo hexavalente con resultados "inaceptables" para el área 2 del predio.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir los aspectos generales del programa de medicina del trabajo enfocado en los riesgos toxicológicos de arsénico y cromo hexavalente.
- Desarrollar el protocolo de ingreso y de salida para personal operativo, administrativo y relacionado con los riesgos toxicológicos descritos.
- Generar recomendaciones para la compra de los elementos de protección personal adecuados para prevenir el contacto del arsénico y el cromo hexavalente de las personas obreras de la construcción.

3. ALCANCE

Desarrollar el punto 12 del APÉNDICE SISTEMA DE GESTIÓN SST– CONTRATISTA DE OBRA - ANEXO TÉCNICO: "Programa de medicina del trabajo, prevención y promoción de la salud enfocado principalmente en riesgo químico y actividades de alto riesgo teniendo en cuenta las

1320

características particulares descritas en Concepto Técnico 03441 del 31/03/2023 emitido por la Secretaría Distrital de ambiente donde determinaron los niveles de exposición los cuales arrojaron los siguientes resultados:"

ÁREA	ARSÉNICO	CROMO HEXAVALENTE
1	ACEPTABLE	INACEPTABLE
2	INACEPTABLE	INACEPTABLE
3	INACEPTABLE	INACEPTABLE

ÁREA	TPH	PLOMO
1	INACEPTABLE	INACEPTABLE
3	N/A	INACEPTABLE

4. DOCUMENTOS APORTADOS Y REVISADOS

- IDRD-SG-SAMC-071-2023 Formato 2B — Documento de Conformación de Unión Temporal
- Apéndice ambiental lineamientos técnicos de la gestión ambiental "contratar las obras y actividades complementarias de la manzana del cuidado centro de alto rendimiento el porvenir (Gibraltar), en la localidad de Kennedy del distrito capital."
- Concepto Técnico No. 03441, 31 de marzo del 2023 de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Documentos para revisar y ajustar:

- Matriz identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de controles
- Matriz de elementos de protección personal por cargos, versión 2, del 2 de marzo de 2023.
- Programa de medicina preventiva
- Procedimiento evaluaciones medico ocupacionales y manejo de historias clínicas
- Profesiograma y Procedimiento para la valoración médico-ocupacional
- Procedimiento manejo seguro de suelos contaminados.

1321

5. CONTEXTO

5.1. Objeto del contrato de la Unión Temporal:

Contratar las obras y actividades complementarias del velódromo ubicado en el parque metropolitano El Porvenir (Gibraltar), en la localidad de Kennedy en Bogotá.

La Unión Temporal está conformada por los siguientes integrantes, los cuales ejecutarán las actividades que se describen a continuación:

Actividades y términos en la ejecución del Contrato (1)	Compromiso (%) (2)	Nombre del integrante a cargo de la actividad
Obras y actividades complementarias del contrato	**59%**	**CYG INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES SAS NIT 800.140.959-1**
Obras y actividades complementarias del contrato	**23%**	**PROYECTOS DE INGENIERIA S.A PROING S.A NIT 800.093.320-2**
Obras y actividades complementarias del contrato	**17%**	**GUSTAVO HERNAN VELANDIA POVEDA C.C.: 17.101.950-8**
Acabado pista de ciclismo	**1%**	**INCITECO SAS NIT 800.104.214-9**

(1) La extensión de la participación se indicará en función de las actividades a ejecutar en el proyecto.
(2) El total de la columna, es decir la suma de los porcentajes de compromiso de los integrantes, debe ser igual al 100%.

5.2. Condiciones del Terreno

El predio denominado Gibraltar, que comprende los CHIP catastrales AAA0138ZKFZ, AAA0138ZKBS y AAA0138ZKCN, fue usado para disposición de residuos durante la década de los años 80`s, dentro de lo que se destaca lo siguiente:

Hacia 1985, la tasa de disposición de residuos fue de aproximadamente 3.400 ton/día.

Estuvo en operación por aproximadamente 10 años, hasta agosto de 1988, ante apertura del relleno sanitario Doña Juana.

Disposición de residuos a cielo abierto, sin ningún tipo de control, tales como impermeabilización

1322

de fondo, sistema de drenaje, control de gases, control de lixiviados, entre otros.

"La Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo emitió el concepto técnico 9579 del 27/08/2021, mediante el cual se establecen los documentos "LÍNEA BASE AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR" y "LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL PLAN DE CONTINGENCIA AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR". El documento LÍNEA BASE AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR, es la hoja de ruta para orientar a cualquier tercero que vaya a intervenir el predio o desarrollar actividades constructivas y, en dado caso, implementar apartes del plan de contingencia, en aspectos técnicos de relevancia ambiental relacionados con el predio, ya que brinda información suficiente para toma de decisiones técnicas responsables en aspectos relacionados con salud y medio ambiente. Ahora bien, el concepto técnico 9579 del 27/08/2021 estableció entre otras que el documento LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL PLAN DE CONTINGENCIA AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR, tiene como objeto "...tomar en consideración situaciones que se pueden presentar durante la ejecución de

las labores dentro de la etapa constructiva del proyecto o durante su operación. Las especificaciones allí descritas deberán ser acatadas y adaptadas por todos los actores, tanto durante la construcción como durante la operación del mismo...". Los mencionados lineamientos técnicos establecen que el correspondiente Plan de Contingencia debe contemplar aspectos relacionados con gases, cobertura superficial, lixiviados, escorrentía, análisis de riesgos, material particulado y olores, geotecnia, manejo de excavaciones, red de monitoreo, y medidas HSE, entre otras."

Lugar donde se va a construir la obra por parte del consorcio:

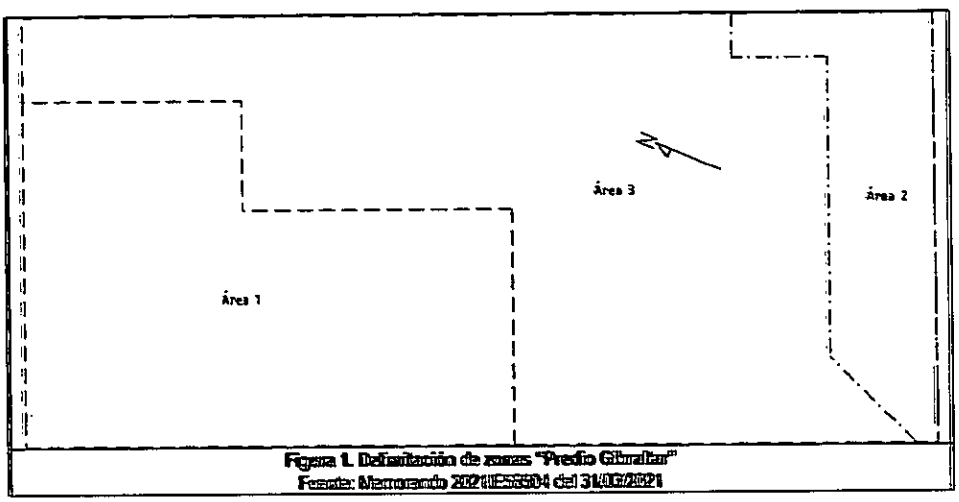


Figura 1. Delimitación de zonas "Predio Gibraltar"
Fuente: Memorando 2021IE5504 del 31/05/2021

El área de trabajo del La Unión Temporal será el área 2.

Se realizaron muestreos en el suelo de distintos contaminantes así:

1324

Los resultados en el área 2 fueron los siguientes:

Área 2:

Analysis	TPH	TPH DRO	TPH GRO	TPH ERO'ORO	Humedad	Aluminio	Arsenico	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo	Cromo Hexavalente	Mercurio	Niquel	Plomo
Method Name	EHS-LAB-P-148	EPA 8015 C	EPA 8015 C	EPA 8015 C	NTC 1495 A	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A. EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3060-EPA7196	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8
Unit	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
A2-M1	25,27	<0,1570	<0,1000	63	33,0	125455	9,5	<1,500	4	119,2	58,7	<10,000	<0,15	90	25,8
A2-M2	<28,00	<0,1570	<0,1000	130	29,5	90045	5,9	<1,500	5,3	64,4	22,7	<10,000	<0,15	10,5	14,9
A2-M3	<28,00	<0,1570	<0,1000	437	39,1	52059	4,5	<1,500	<1,5	64,0	14,6	<10,000	<0,15	6,1	19,2
A2-M4	<28,00	<0,1570	<0,1000	59	31,9	112009	2,5	<1,500	4,5	83,0	27,0	<10,000	<0,15	9,5	21,0
A2-M5	<28,00	<0,1570	<0,1000	60	34,1	98021,5	9,1	<1,500	12,6	108,3	62,7	<10,000	<0,15	25,9	43,0
A2-M6	59,94	<0,1570	<0,1000	55	40,6	60549	4,6	<1,500	<1,5	131,1	45,1	<10,000	<0,15	11,5	52,4

"...con los métodos analíticos implementados por el laboratorio encargado (SGS Colombia), el suelo contiene concentraciones detectables de hidrocarburos, aluminio, cadmio arsénico, cobalto, cobre, cromo total, mercurio, níquel y plomo."

"...en resumen, todo el material que se excave del predio denominado Gibraltar para ser dispuesto como residuo deberá ser gestionado como residuo peligroso consecuente con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015 - Titulo 6 (Decreto 4741 de 2005), sin importar de la profundidad a la cual haya sido excavado."

DESGASIFICACIÓN: En el área dos: "En cuanto al área 2 "...no se reportaron valores de Ácido Sulfhídrico y los valores de Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Oxígeno se encuentran dentro de los limites esperados, con valores para el Dióxido de Carbono que no representan riesgos a la salud humana..."

5.3. Monitoreo de aguas subterráneas

Se evaluaron los siguientes parámetros: "- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos - PAH - Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO) - Compuestos Orgánicos Volátiles-COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y - Xilenos). - Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV - Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo) Se realizó purga de los pozos con un mínimo de 72 horas previo el muestreo. Las aguas resultado de la purga y muestreo, fueron almacenadas y dispuestas por medio de Veolia que cuenta con

1325

licencia ambiental otorgada mediante Resolución CORPONOR 450 del 24/08/2006 para almacenamiento y disposición final de este tipo de residuos.

Se observa que, en la primera campaña, todas las sustancias monitoreadas se encuentran en concentraciones menores al límite de cuantificación del método utilizado por el laboratorio. Ahora bien, en cuanto a la segunda campaña, se observan concentraciones detectables de arsénico en PM6 y PM7, cadmio en PM1, PM2 y PM5, y cromo total en PM1 y PM2. Los resultados en los PM1 y PM2, justifica el informe, pueden corresponder a los lixiviados que se han generado a través de los años en el predio Gibraltar, y/o, el río Bogotá que recibe una gran cantidad de residuos peligrosos tanto legales como ilegales desde su nacimiento."

5.4. Análisis de riesgos

"Con relación al predio Gibraltar, para el proceso de evaluación de riesgo, se ha hecho análisis de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, cromo, cromo hexavalente, mercurio, níquel y plomo. Se hace análisis de la información presentada identificando posibles receptores sensibles en el área de influencia del predio en evaluación encontrando lo siguiente: Se calculan los índices Genéricos Basados en Riesgo IGBR para los receptores sensibles en consideración a su grado de exposición por frecuencia, duración e intensidad principalmente con base en la metodología RBCA por el personal técnico de esta autoridad ambiental, tomando valores de referencia de USEPA o por retrocálculo a partir de estudios toxicológicos para su integración al modelo RBCA. Receptores Sensibles: Ciudadano en actividades recreativas y Obrero de construcción"

Tomaremos el del obrero de construcción que es el del interés directo para La Unión Temporal:

"Obrero de la construcción Exposición plausible de un receptor obrero de construcción por sus actividades características de remoción de tierra por perforación y/o acarreo de la misma, a los contaminantes presentes en el suelo y/o agua subterránea. Este receptor sensible podría estar vinculado a las actividades de construcción de obras del parque Metropolitano 10 El Porvenir. Este es un receptor que podría tener una exposición prolongada diariamente por el desarrollo de sus tareas y pasa la mayor parte del tiempo en el desarrollo de actividades exteriores de excavación y mantenimiento. Las actividades de este tipo de receptor incluyen la excavación

1326

moderada o intensiva y adecuación de terrenos, lo que hace que se exponga a los contaminantes presentes en el suelo. Dado que las tareas características del obrero de la construcción lo ponen en contacto directo con la matriz contaminada, se hacen los cálculos de exposición y riesgo estimado bajo la presunción de exposición a 0 (cero) metros del punto de contaminación, por lo tanto, no se aplican algoritmos de dispersión de contaminación".

"Dentro del set de analitos investigados en campo se tienen sustancias no cancerígenas como TPH, Aluminio, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercurio, y plomo; sustancias cancerígenas como Arsénico, Cadmio y Níquel y sustancias cancerígenas mutagénicas como cromo hexavalente. Para cada uno de esos tipos de sustancias se aplican ecuaciones que derivan, a partir de datos toxicológicos, fisicoquímicos y variables de exposición, en los Índices Genéricos Basados en Riesgo (IGBR)"

Tabla 25. Comparación de valores de concentración medidos contra IGBR calculados para determinación de Compuestos de Interés (CDI) en área 2 (Escenario recreacional)

ANALITO	MEDICIÓN MAS ALTA mg/kg	IGBR RECEPTOR RECREACIONAL mg/kg	CDI
TPH	58,94	4,67E+03	NO
Aluminio	30021,5	1,31E+05	NO
Arsénico	**9,1**	**1,61**	**SI**
Cadmio	1,5	1,9E+03	NO
Cobalto	12,6	3,95E+01	NO
Cobre	131,1	5,26E+03	NO
Cromo total	66,7	No aplica	-
Cromo hexavalente	**10**	**7,83E-01**	**SI**
Mercurio	0,15	4,4E+02	NO
Níquel	26,3	4,58E+04	NO
Plomo	52,4	7,97E+02	NO

1327

Tabla 26. Comparación de valores de concentración medidos contra IGBR calculados para determinación de Compuestos de Interés (CDI) en área 2 (Escenario obrero construcción)

ANALITO	MEDICIÓN MAS ALTA mg/kg	IGBR RECEPTOR OBRERO DE CONSTRUCCIÓN (mg/Kg)	CDI
TPH	58,94	2,65E+02	NO
Aluminio	30021,5	3,35E+05	NO
Arsénico	9,1	1,77E+01	NO
Cadmio	1,5	2,2E+02	NO
Cobalto	12,6	1,01E+03	NO
Cobre	131,1	9,97E+03	NO
Cromo total	86,7	No aplica	-
Cromo hexavalente	10	3,69E+01	NO
Mercurio	0,15	8,76E+00	NO
Níquel	26,3	4,98E+03	NO
Plomo	52,4	8,72E+01	NO

Ahora bien, "con respecto al área 2 del predio Gibraltar, de acuerdo al análisis adelantado (ver tablas 25 y 26) se establece igualmente que las sustancias consideradas como Compuesto de Interés al superar su concentración, el IGBR calculado para el sitio, para proceder a un análisis de riesgos Tier 2, son: - Escenario recreacional: Arsénico y Cromo Hexavalente. - Escenario obrero construcción: Ninguno"

Estimación de riesgo para zona 2 CDI área 2: Arsénico y cromo hexavalente. "Para el caso del arsénico, se toma un riesgo objetivo derivado del tipo de cáncer y vía de exposición específica, esto es cáncer de piel o melanoma. El riesgo objetivo calculado es entonces 1E-05. El riesgo estimado, tanto para la exposición vía dérmica como oral por exposición a arsénico corresponde a 1,05E-05 y 1,57E-06, para un riesgo acumulado de 1,2E-05, que por comparación con el riesgo objetivo (TR) de 1E-05, da como resultado un riesgo inaceptable. Cromo hexavalente: El riesgo estimado, tanto para la exposición vía oral como vía inhalatoria por exposición a cromo hexavalente, corresponde a 1,41E-05 y 1,02E-06, para un riesgo acumulado de 1,41E-05, que por comparación con el riesgo objetivo (TR) de 1E-05, da como resultado un riesgo inaceptable.

5.5. Análisis Tier para el escenario recreacional:

Arsénico.

"Para el caso del arsénico, se toma un riesgo objetivo derivado del tipo de cáncer y vía de exposición especifica. Como se muestra en la siguiente tabla, como consecuencia de la

1328

exposición a arsénico, pueden desarrollarse diferentes tipos de cáncer, dependientes de la vía de exposición. Es así que se puede evidenciar que la exposición a arsénico puede generar cáncer de piel o de pulmón, por lo que es necesario entonces, diferenciar la probabilidad de ocurrencia, incorporando al modelo conceptual la vía de exposición a la sustancia. Una vez revisada la información toxicológica disponible, se encuentra que, para exposición oral a arsénico, el tipo de cáncer desarrollado es cáncer de piel y si la vía es inhalatoria el tipo de cáncer es de pulmón.

Para el caso de un escenario de exposición por ingestión de suelo con arsénico, el tipo de cáncer cuya estadística se usa es del cáncer de piel o melanoma, siendo este de 4,1 casos de cáncer por cada cien mil habitantes para Bogotá. Así las cosas, si se tienen 4 casos de cáncer por cada 100.000 habitantes, el TR o cuantos casos de cáncer quieren ser evitados aparte de los que ya se presentan por diferentes causas en la población objetivo, correspondería a 1 caso de cáncer adicional por cada 100.000 habitantes o lo que es lo mismo un TR de 1E-5.

Cromo hexavalente.

"El cromo hexavalente es una sustancia con potencial mutagénico y cancerígeno, su riesgo objetivo estimado a partir de la unidad de riesgo inhalatorio IUR de 1,2E-02 para cáncer de pulmón se estima en 1E-05.

Estimación de riesgo para zona 2:

CDI área 2: "Arsénico y cromo hexavalente Arsénico: Para el caso del arsénico, se toma un riesgo objetivo derivado del tipo de cáncer y vía de exposición específica, esto es cáncer de piel o melanoma. El riesgo objetivo calculado es entonces 1E-05. El riesgo estimado, tanto para la exposición vía dérmica como oral por exposición a arsénico corresponde a 1,05E-05 y 1,57E-06, para un riesgo acumulado de 1,2E-05, que por comparación con el riesgo objetivo (TR) de 1E-05, da como resultado un riesgo inaceptable. Cromo hexavalente: El riesgo estimado, tanto para la exposición vía oral como vía inhalatoria por exposición a cromo hexavalente, corresponde a 1,41E-05 y 1,02E-06, para un riesgo acumulado de 1,41E-05, que por comparación con el riesgo objetivo (TR) de 1E-05, da como resultado un riesgo inaceptable".

5.6. Análisis Tier 2 escenario obrero de la construcción

"Dado que el receptor a evaluar es el obrero de la construcción, el cual siempre se considerará que se encuentra en la zona contaminada, no se considera pertinente que se apliquen modelos de dispersión de contaminantes, esto es que la distancia del receptor al foco siempre se considerará como 0 m de distancia".

En la zona 2 que es la de nuestro interés no se encontraron niveles inaceptables de plomo, ni de TPH.

No se describe en el documento el análisis Tier para cromo hexavalente ni para arsénico para este escenario.

6. CONCLUSIONES DE LOS DOCUMENTOS REVISADOS:

"La Secretaría Distrital de Ambiente, realizó el cálculo de Índices Genéricos Basados en Riesgo específicos para las condiciones del sitio de interés, haciendo uso de la metodología RBCA, tomando valores de referencia de USEPA. Al realizar la comparación de los resultados de laboratorio contra los IGBR calculados para determinación de CDI en el predio Gibraltar, se establece que:"

"...En el área 2 (Escenario recreacional): ♣ El resultado de Arsénico supera el valor de referencia para todas muestras. ♣ El resultado de Cromo hexavalente se considera como compuesto de interés para todas las muestras, dado que el límite de detección utilizado por el laboratorio fue de 10 mg/Kg, mientras que el IGBR calculado para el sitio específico, es de 0,708 mg/Kg, por lo que no es viable realizar una comparación".

Llama la atención que en el área 2 (Escenario obrero de la construcción): Ninguna concentración medida superó los IGBR calculados, por lo que ningún compuesto es considerado como compuesto de interés en este escenario, habiendo mencionado en el mismo documento que el obrero estaría mucho más expuesto que el usuario recreacional del parque. Tampoco se encontró el detalle del análisis Tier. De todos modos recomiendan el uso de "EPP que cumplan con

1330

estándares técnicos internacionales" lo cual me parece acertado y por el principio de la precaución universal y dado que los análisis que se hicieron fueron de *tipo ambiental* y no *ocupacional*, se realizarán recomendaciones para prevenir enfermedades derivadas de estos dos contaminantes donde en al menos un escenario analizado, resultaron conmediciones inaceptables. Además porque en el apéndice SST, el IDRD lo exige:

Al realizar la comparación del riesgo estimado acumulado para cada una de las áreas, con el riesgo objetivo (TR) de cada sustancia en el escenario recreacional, se tiene que:

RIESGO POR EXPOSICIÓN A CDI ESCENARIO RECREACIONAL		
ÁREA	ARSÉNICO	CROMO HEXAVALENTE
1	ACEPTABLE	INACEPTABLE
2	INACEPTABLE	INACEPTABLE
3	INACEPTABLE	INACEPTABLE

7. MARCO TEÓRICO - EFECTOS PARA LA SALUD HUMANA DE LAS SUSTANCIAS ENCONTRADAS DEINTERÉS EN EL ÁREA 2:

7.1. ARSÉNICO

Qué es el arsénico:

El arsénico es un elemento de origen natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el medioambiente, el arsénico se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en los animales y plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico.

En la tabla periódica está en el grupo de los metaloides y clínicamente se comporta como un metal.

Exposición natural al arsénico:

Puede estar presente en alimentos tratados con plaguicidas que contengan arsénico, en el agua o al respirar aire que contenga arsénico.

Al consumir mariscos o algunos peces del mar.

Al vivir en áreas con niveles naturales inusualmente altos de arsénico en las rocas.

Exposición ocupacional al arsénico:

- Metalurgia de mineros arsenicales e industria electrónica;
- Extracción de arsénico y preparación de sus compuestos; Fabricación, preparación y utilizaciónde tintas, lacas (gas arsina), insecticidas, parasiticidas y raticidas;
- Procesos industriales en los que haya liberación de hidrógeno arsenicado;Preparación y conservación de pieles y plumas y conservación de madera;
- Agentes de la producción de vidrio, aleaciones de plomo, medicamentos y semiconductores.

Efectos sobre la salud humana

Exposición aguda a altas concentraciones de arsénico:

La inhalación de niveles altos de arsénico inorgánico puede producir ardor en la faringe y tos, náusea, vómito, sensación de hormigueo en los pies, alteraciones en el ritmo cardiaco y si la ingestión de niveles es muy alta, puede ser mortal.

Exposición crónica a bajas concentraciones de arsénico:

La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de arsénico inorgánico puede causar un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso.

La ingestión de compuestos de metilo y dimetilo puede causar diarrea y daño en los riñones.

Es cardiotóxico: puede inducir taquicardia, muerte celular del miocardio por apoptosis y disminución de la presión sistólica y de la función diastólica del corazón, alteración de las arterias coronarias alterando la actividad eléctrica del corazón produciendo la prolongación del intervalo

1332

Q-T cardiaco.

La inhalación de hidruro de arsénico puede provocar hemólisis grave, con anemia, ictericia y hemoglobinuria.

Puede producirse síntomas respiratorios de obstrucción crónica, enfermedad pulmonar (EPOC) y aumento de la mortalidad por enfermedades respiratorias. Además, la exposición al arsénico se asocia con un aumento de las infecciones del tracto respiratorio y de las infecciones pulmonares crónicas. Se manifiesta lesión hepática, característica de la exposición prolongada alarsénico, inicialmente como ictericia, dolor abdominal y hepatomegalia, pero puede progresar a cirrosis, ascitis e incluso al carcinoma hepatocelular.

En la tabla de enfermedades laborales del decreto 676 de 2020 del ministerio del trabajo, se describe que estas enfermedades pueden ser causadas por la exposición a Arsénico:

- Angiosarcoma de hígado (C22.3)
- Neoplasia maligna de los bronquios y del pulmón (C34)
- Otras neoplasias malignas de la piel (C44)
- Polineuropatla debida a otros agentes tóxicos (G62.2)
- Encefalopatla tóxica aguda (G92.1)
- Blefaritis (H01.0) Conjuntivitis (H10)
- Queratitis y Queratoconjuntivitis (H16, H16.2)
- Arritmias cardiacas (149), Rinitis crónica (J31.0)
- Ulceración o necrosis del tabique nasal (J34.0)
- Bronquiolitis obliterante crónica, enfisema crónico difuso o fibrosis pulmonar crónica (J68.4)
- Estomatitis ulcerativa crónica (K12.1)
- Gastroenteritis y colitis tóxicas (K52.1)
- Hipertensión portal (K76.6)
- Dermatitis de contacto por irritantes (L24)
- Otras formas de hiperpigmentación, Melanodermia (L81.4)
- Leucodermia no clasificada en otra parte (Vitiligo ocupacional) (L81.5)
- Queratosis palmar y plantar adquirida (L85.1)
- Efectos tóxicos agudos (T57.0)

- Leucemia múltiple (C91)
- Mieloma múltiple (C90.0)
- Enfermedad de Hodgkin (C81)
- Linfoma no Hodgkin (C85)
- Linfosarcoma (C85.0)
- Tumor maligno del riñón, excepto de la pelvis renal. (C64)
- Neoplasia maligna de vejiga (C67)

Biomarcadores:

Si hay sospecha de enfermedad por arsénico, se pueden medir niveles de arsénico en cabello y las uñas de los últimos 6 a 12 meses.

El BEI (biomarcador) ocupacional es la medición de la concentración de metabolitos en orina de una muestra que se debe recolectar al finalizar la semana, al finalizar jornada laboral de un viernes en la tarde. El valor límite son 15 microgramos/gramo de creatinina.

Límites permisibles:

La EPA (La Agencia de Protección Ambiental por sus siglas en inglés) ha establecido límites para la cantidad de arsénico que las industrias pueden liberar en el medioambiente y ha restringido o cancelado muchos de los usos del arsénico en pesticidas. La EPA ha establecido un límite de 0.01 parte por millón (ppm) de arsénico en el agua potable. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de exposición permisible (LEP) de 10 microgramos de arsénico por metro cúbico de aire en el lugarde trabajo (10 $\mu g/m^3$) para turnos de 8 horas y semanas laborales de 40 horas.

Según la ACGIH los límites permisibles ocupacionales del arsénico son los siguientes:
TWA: 0.01mg/m^3.

7.2. CROMO

Qué es el cromo:

Es un elemento que se encuentra en la naturaleza de forma natural, en la tabla periódica está en

1334

el grupo de los metales. El cromo III u óxido de cromo es un elemento necesario dentro de la dieta de los humanos porque interviene en varios procesos fisiológicos. El cromo de interés toxicológico es el Cromo VI porque es cancerígeno para animales y humanos.

Exposición natural:

La mayor parte del cromo (Cr) natural se encuentra en estado trivalente en los minerales de cromita.

El cromo en el aire ambiente proviene principalmente de la producción de ferrocromo, refinación de minerales y procesamiento químico.

Exposición ocupacional al Cromo VI o hexavalente:

Según la tabla de enfermedades laborales, las ocupaciones o industrias donde se puede encontrar son las siguientes:

- Fabricación del ácido crómico, de los cromatos y bicromatos alcalinos.
- Fabricación de pigmentos basados en cromatos o bicromatos alcalinos
- Empleo de bicromatos alcalinos en el barnizado de muebles
- Empleo de cromatos y bicromatos alcalinos como fijadores en tintorería y estampado de tela.
- Curtido de cueros con cromo.
- Preparación de chicles para la impresión fotomecánica.
- Cromado electrolítico de metales (galvanoplastia).
- Fabricación de vidrios y esmaltes de colores.
- Soldadura de acero inoxidable.
- Fabricación de cemento y trabajos de construcción civil.

Efectos sobre la salud

Exposición Aguda

El cromo hexavalente es corrosivo y puede causar ulceración crónica y perforación del tabique nasal, así como ulceración crónica de otras superficies de la piel. Provoca dermatitis alérgica de contacto entre personas previamente sensibilizadas, que es una reacción alérgica de tipo IV. La

1335

ingestión accidental de altas dosis de compuestos de cromo hexavalente puede causar insuficiencia renal aguda caracterizada por proteinuria, hematuria y anuria.

Exposición crónica:

En la tabla de enfermedades laborales de Colombia, éstas son las que se relacionan con la exposición crónica a cromo hexavalente:

- Neoplasia maligna de bronquios y de pulmón (C34)
- Otras rinitis alérgicas (J30.3).
- Rinitis crónica (J31.0)
- Ulceración o necrosis del tabique nasal (J34.0)
- Asma (J45)
- Dermatosis papulo pustulosas y sus complicaciones infecciosas (LOB.9)
- Dermatitis alérgica de contacto (L23)
- Dermatitis de contacto por irritantes (L24)
- Ulcera crónica de la piel no clasificada, en otra parte. (L9B.4).
- Efectos tóxicos agudos (T56.2).
- Tumor maligno de la fosa nasal (C30.0).

Biomarcadores:

Como el cromo (III) es un elemento nutritivo esencial y ocurre naturalmente en los alimentos, siempre habrá una cantidad de cromo en el cuerpo.

Para cromo hexavalente se puede usar la medición de complejos ADN-proteína pueden servir como biomarcador tanto de exposición como de potencial carcinogénico. También se puede utilizar la capacidad de expresión de genes de metalotioneínas y hemooxigenasa.

Los BEI o marcadores de exposición biológica, se toman en una muestra de orina, al final de la semana, al final de la jornada y el límite es 0,7 microgramos/Litro.

Límites permisibles:

La EPA ha establecido un nivel de contaminación máximo de 0.1 mg/L para la cantidad total de cromo en el agua potable.

La Administración de Drogas y Alimentos (FDA) ha determinado que los niveles de cromo en el agua en botella no deben exceder 0.1 mg/L.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido límites legales en el aire del trabajo de 0.005 mg/m3 para cromo (VI), 0.5 mg/m3 para cromo (III) y 1.0 mg/m3 para cromo (0) como promedios durante una jornada diaria de 8 horas.

Según la ACGIH los límites permisibles de la exposición ocupacional a cromo hexavalente son los siguientes: TWA 0.0002mg/m^3, STEL 0,0005mg/m^3.

8. EXÁMENES MÉDICOS DE INGRESO, PERIÓDICOS Y DE EGRESO

Durante la Historia clínica ocupacional se debe indagar en lo siguiente:

8.1. Anamnesis:

Se debe indagar por:

- Antecedentes familiares: enfermedades hematológicas, cánceres, leucemias.
- Antecedentes personales: cambios de pigmentación en la piel o uñas, parestesias en extremidades, verrugas, tumores, cáncer o masas.
- Antecedentes ocupacionales:
- Para arsénico: trabajos relacionados con fabricación o aplicación de plaguicidas y otros productos agrícolas, hornos de fundición, excavación en canteras, minería.
- Para cromo: Fabricación de productos de cromo, pigmentos, barnizado de muebles, tintorería, curtido de cueros, galvanoplastia, fabricación de vidrios, esmaltes, soldadura de acero inoxidable, cemento y construcción

- Hábitos: tabaquismo, ingesta de alcohol, tomar el sol de forma frecuente y sin protección, ingesta alta o frecuente de mariscos.

8.2. En el examen físico hacer énfasis en:

- Piel y faneras: buscar alteraciones en la pigmentación, verrugas, tumores, hiperqueratosis, bandas blancas transversales a lo largo de las uñas.
- Sistema respiratorio: buscar alteraciones en la auscultación, frecuencia respiratoria, silbidos, roncus, revisar tabique nasal.
- Sistema cardiovascular: buscar arritmias, alteraciones en la tensión arterial.
- Sistema nervioso: buscar signos de hipoestesia en dedos de manos y pies, fallas en la audición.

8.3. Exámenes paraclínicos:

La espirometría, audiometría, hemograma, creatinina, BUN y transaminasas determinadas en el profesiograma actual están bien y como tamiz son suficientes.

Sin embargo, dentro de la vigilancia epidemiológica podría ser muy útil, aunque no mandatorio, hacer mediciones de cromo hexavalente y arsénico en orina al ingreso y luego como seguimiento epidemiológico, para saber si hay exposición laboral a estos dos componentes, esto enmarcado en el Sistema de Vigilancia de Riesgo Químico. El examen se realiza en una muestra aislada o en orina de 24 horas, al finalizar la semana y al finalizar la jornada y se lleva al laboratorio para su análisis.

Esto último sería importante sobre todo si el resultado del INRS es "alto riesgo".

8.4. Programa de vigilancia epidemiológica:

Vigilar personas con cargo obrero de construcción que presenten cambios en la piel y en uñas, aparición de síntomas respiratorios frecuentes tales como asma, rinitis, alteraciones en el tabique nasal, sangrado nasal frecuente, masas, astenia y adinamia.

Vigilar personas con cargo obrero de construcción que presenten diagnósticos del CIE 10 lo relacionado con la tabla de enfermedades ocupacionales (Ver Marco teórico del presente documento, arsénico y cromo).

8.5. Identificación de Peligros, Evaluación y Valoración de Riesgos

Se recomienda realizar el análisis de riesgo químico denominado INRS: El *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS) ha desarrollado métodos para la jerarquización del riesgo para la salud, de incendio y explosión y para el medioambiente. Estos métodos sirven para dar prioridad a productos o sustancias químicas y se enfoca en la frecuencia de la exposición. El método del INRS propone realizar después de la jerarquización, una etapa de evaluación cualitativa del riesgo por inhalación y del riesgo cutáneo.

8.5.1. Mediciones ambientales:

Para determinar qué mediciones en el ambiente ocupacional se requieren, se realizará primero el análisis INRS (Del *Institut National de Recherche et de Sécurité*) donde se tiene un métodos para la jerarquización del riesgo para la salud, de incendio y explosión y para el medioambiente.

Este método sirve para dar prioridad a productos o sustancias químicas y se enfoca en la frecuencia de la exposición.

Luego de los resultados, se revisará qué se necesita medir con exactitud.
El método INRS consta de dos partes:

1- Jerarquización de riesgos potenciales o "screening".
2- Evaluación de riesgos.

I - JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS POTENCIALES. El objetivo de esta fase del método es establecer prioridades de actuación en especial en empresas en las que existe gran variabilidad de agentes químicos. Esta fase puede facilitar el desarrollo de la evaluación de riesgos propiamente dicha, afrontando la evaluación por grupos de riesgos homogéneos, concepto diferente a los Grupos de Exposición Homogénea, pues en este caso se trata de plantear la evaluación según el agente

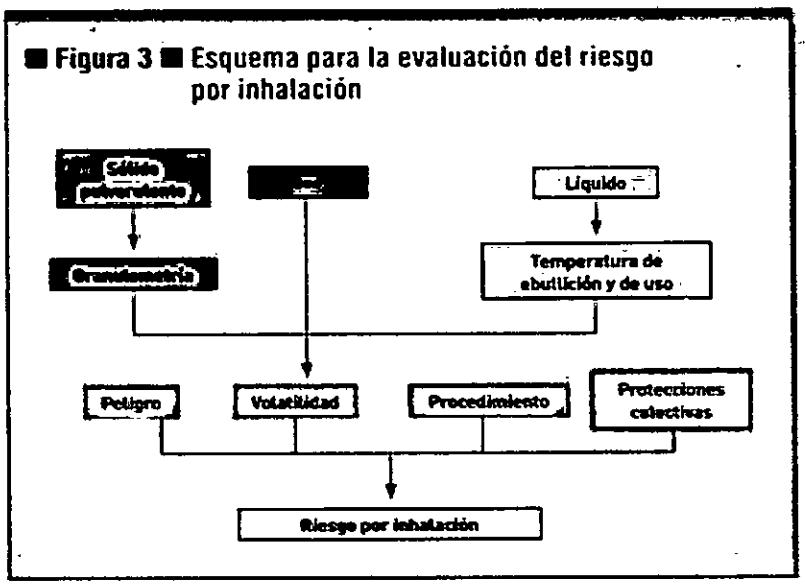
1339

químico, zonas de trabajo o líneas de producción.

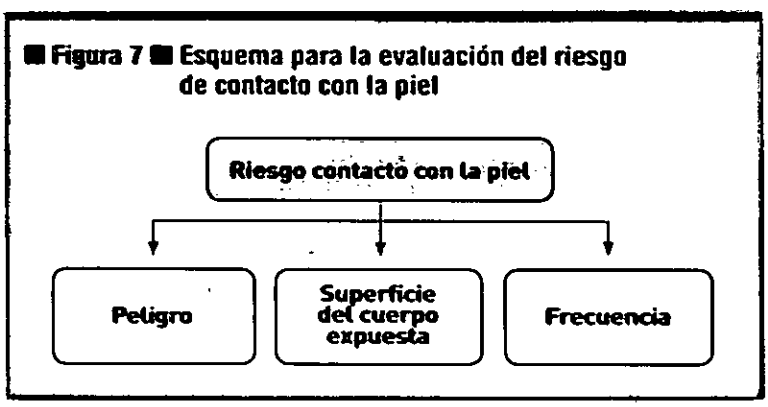
La jerarquización se establece en función de las peligrosidades intrínsecas de los agentes químicos así como de sus exposiciones potenciales.

II- EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN Y POR PIEL

La evaluación del riesgo por inhalación se realiza a partir de las variables reflejadas en la siguiente figura:



Por piel:



Fuente: https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/B27796A9-29D5-4B67-A302-

1340

Luego se revisa:

1- Clase de Peligro: se establece en función del etiquetado (frases R), los valores límite de exposición y la naturaleza de los agentes químicos
2- Clase de Volatilidad: se establece según el estado físico, sólido o líquido.
3- Procedimiento: el método diferencia entre dispersivo, abierto, cerrado con aperturas regulares y cerrado permanentemente
4- Protección Colectiva: en este apartado el método solo considera la ventilación/extracción como medio de protección colectiva
5- Riesgo por Inhalación

Se realizan las matrices de riesgos del INRS y se determina qué tiene alto, medio y bajo riesgo. Con lo que resulte en alto riesgo se revisará con el asesor de riesgo químico de la ARL qué amerita ser medido en el ambiente ocupacional.

8.6. Intervención En El Trabajador

El nivel de intervención para el trabajador obrero de la construcción, será el nivel 3: "Limitación o eliminación de la vía de exposición."

9. PROGRAMA DE PREVENCIÓN:

9.1. Desarrollar el programa de estilos de vida saludables:

- **Promover una política de prevención de consumo de tabaco y alcohol:**

El hábito de fumar o ingerir alcohol puede tener impactos directos o indirectos en el nivel de intoxicación por metales. Por ejemplo, el humo del tabaco contiene muchos metales tóxicos, como el cadmio y el arsénico. La ingestión de alcohol puede influir en la toxicidad al alterar la dieta, reducir la ingesta de minerales esenciales. Además, el alcohol también puede tener sinergia con metales y promover el desarrollo de cáncer.

1341

- **Promover la adecuada higiene:**

Cambio diario de uniforme de manga larga, lavado del uniforme, lavado de las manos y duchas

1342

como está descrito en el protocolo de salida.

- **Promover la alimentación balanceada y la hidratación adecuada**:

Se sabe que la ingesta de algunos nutrientes a través de los alimentos naturales previene o contribuye a evitar la intoxicación por metales, por tanto, se puede educar a las personas para que consuman en su dieta cúrcuma o jengibre, canela, cilantro, té verde, arroz integral, legumbres, brócoli, coliflor, repollo, rábano y verduras de hoja verde, bien lavadas y con poca o ninguna cocción dependiendo del caso.

Hidratación constante con agua potable.

- **Capacitar al personal:**

Realizar capacitaciones para el buen uso de la dotación y de los elementos de protección personal.

En los protocolos de entrada y salida del terreno donde puedenencontrarse estos contaminantes.

El uso y mantenimiento de los elementos de protección personal y dotación los cuáles deben estar en cantidad suficiente y ser de buena calidad.

- **Aislar algunas zonas:**

Hacer un campamento encerrado, para que las personas administrativas y visitantes no tengan que exponerse innecesariamente a los riesgos del terreno.
El campamento debe tener suelo distinto al suelo del terreno y se debe mantener cerrado (puertas y ventanas) dentro de lo posible para evitar que se entren los contaminantes que se pueda encontrar en el ambiente.

Así mismo, aislar el comedor, para que al momento de tomar los alimentos no lleguen las corrientes de aire fuertes, con posibles contaminantes en el aire.

10. PROTOCOLO DE INGRESO

El objetivo principal del protocolo de ingreso es limitar la exposición de las personas a riesgos innecesarios en el Área 2 del Proyecto PM10 Parque Gibraltar.

- Restringir el acceso de personas en estado de embarazo, dentro de lo posible, especialmente para trabajos donde haya contacto con la tierra o los lixiviados.
- No deben ingresar menores de edad (por ley tienen prohibido trabajar con sustancias cancerígenas).
- Brindar la capacitación a personal nuevo en los riesgos propios de la obra y en este caso, e incluir el riesgo toxicológico sobre los contaminantes del terreno contaminado, especialmente del arsénico y el cromo hexavalente.
- Dar a conocer la política de salud ocupacional de la compañía, el reglamento de higiene y seguridad y la política de prevención de consumo de alcohol, tabaco y sustancias psicoactivas y al finalizar, evaluar la comprensión de los conceptos importantes de las mismas y la firma de la aceptación.
- Dar las instrucciones en el uso apropiado de los EPP y el tiempo que tendrán que usarlo:

- Personal operativo que tendrá contacto con tierra contaminada y/o lixiviados deberán usar EPP respiratorio, guantes y gafas según la descripción del punto 12.
- Para los visitantes solamente uso de N95 y para administrativos N95 solo si van a visitar o trabajar en el terreno, no es necesario que los usen dentro del campamento.
- Advertir a los visitantes y trabajadores que los alimentos deben consumirse antes de entrar al terreno contaminado (tierra expuesta y lixiviados), puesto que dentro de este terreno estará prohibido hacerlo hasta el momento del descanso.
- Cambio de ropa exterior por la ropa de dotación, la cual debe ser cómoda, de la talla apropiada para cada persona, de tela que facilite la transpiración y de mangas largas. Se debe tener más de un uniforme, que se seque fácil,para que puedan lavarlo diariamente.
- Para personal visitante y de la obra que no esté en contacto directo con la tierra y los lixiviados, pero que se acerquen al terreno, deben usar ropa manga larga y zapatos cerrados.
- Guantes de caucho nitrilo para ser usados en los momentos del contacto con las manos de la tierra o los lixiviados.

- Está prohibido fumar y consumir licor en las instalaciones y los alrededores. Recomendar que NO se haga esta práctica en los ratos libres, principalmente mientras se tenga contacto con la tierra o lixiviados.
- Está prohibido consumir alimentos mientras se encuentre trabajando en el terreno contaminado o muy cerca de los lixiviados. Debe destinarse un lugar específico para esto, lo más alejado posible de la zona contaminada o que sea un lugar cerrado que aisle la zona de alimentación y que cuente con lavamanos.
- Los puntos de hidratación deben estar cubiertos para que no se contaminen y debe haber un lavamanos cerca de éstos, porque las personas deberán quitarse los guantes y lavarse las manos con agua y jabón humectante antes de tomar el agua.
- Evitar tocar la boquilla o la tapa del recipiente con las manos o guantes sucios.
- Antes de consumir alimentos lavarse las manos con agua y jabón humectante y lavarse la cara si es que se salpicó con tierra o lixiviado.
- Los alimentos deben almacenarse lejos de la tierra y lixiviados, bien tapados, en un lugar seco y donde no le dé el sol.
- Si tiene alguna herida en piel, antes de ingresar cúbraselas con micropore o con una curación apropiada, dependiendo del caso o si es muy grande, hable con el encargado de SST del momento.
- Antes de ingresar se recomienda el uso de protección solar en la piel expuesta.

Nota: se enfatiza en que el jabón sea humectante, nunca antibacterial, para que no se reseque y se agriete la piel porque así se aumentaría la probabilidad de exposición a los contaminantes químicos.

11. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN AL ARSÉNICO Y AL CROMO HEXAVALENTE

La empresa UT refiere que los cargos que pueden estar en contacto con tierra y lixiviados contaminados con los siguientes, según tienen en su Matriz de EPP:

1346

Ingeniero Residente de Obra

Profesional ambiental en manejo de suelos contaminados

Maestro o Inspector de Obra

Profesional SG-SST

Inspector SST

Cuadrilla de topografia

Operarios de maquinaria amarilla

Ayudantes y oficiales

Se sugiere los siguientes elementos de protección personal:

Protección respiratoria:

La selección del respirador más adecuado dependerá de cada situación en particular y deberá ser efectuada exclusivamente por una persona familiarizada con las condiciones de trabajo y con los beneficios y limitaciones de los productos para protección respiratoria.

Para la escogencia del respirador adecuado sería ideal tener el nivel de concentración de los contaminantes en el ambiente de trabajo. Sin embargo, si no se cuenta con ello, a través del análisis de riesgo químico INRS se podrá estimar el riesgo y así mismo, servirá de base para elegir la mejor protección.

Deben cumplir con las normas de protección respiratoria OSHA A (29 CFR 1910.134) o para Colombia, deben cumplir la NTC 1584 Equipos de Protección Respiratoria.

Debe buscarse la comodidad y el ajuste apropiado para los usuarios.

Debe insistirse particularmente en la educación y el entrenamiento, que han de realizarse periódicamente. Para los respiradores reutilizables se deben implementar y cumplir en forma rutinaria programas de mantenimiento, limpieza y almacenamiento.

El respirador seleccionado debe ser compatible con el casco, gafas de seguridad, anteojos de corrección visual, cascos de soldadura, caretas protectoras, etc. Además, el trabajador deberá ser capaz de comunicarse y de realizar sus tareas sin necesidad de quitarse el respirador. Si el trabajador debe realizar trabajos intensos, o si debe utilizar el respirador durante períodos prolongados, es conveniente elegir un respirador liviano con baja resistencia a la respiración.

Advertencias que hacen quienes elaboran protección respiratoria:

- Ningún respirador puede evitar el ingreso a la zona de respiración del usuario de absolutamente todos los contaminantes presentes en el aire.
- Los respiradores ayudan a protegerse contra ciertos contaminantes presentes en el aire mediante la reducción de su concentración a valores inferiores al TLV u otros niveles

recomendados en la zona de respiración.

- El mal uso de los respiradores puede resultar en una sobre exposición a los contaminantes y ser causa de enfermedad o muerte. Por esta razón, es imprescindible que la selección del respirador, el entrenamiento, su uso y mantenimiento sean los adecuados para que el usuario esté correctamente protegido.
- Utilice estos respiradores sólo para aquellos compuestos químicos para los que hayan sido aprobados o recomendados.
- Abandonar inmediatamente el área contaminada si aparecen mareos u otras molestias, si el respirador se daña o si la respiración se dificulta, si los contaminantes pueden ser percibidos a través del gusto u olfato, o si se siente alguna irritación.

Limitaciones Generales de Uso:

• Estos respiradores no suministran oxígeno.

• No los utilice cuando la concentración del contaminante sea inmediatamente peligrosa para la vida o la salud, cuando las concentraciones sean desconocidas o en atmósferas que contengan menos del 19,5% de oxígeno, a menos que se utilice un SCBA o la combinación suministro de aire/SCBA.

• No abuse o mal use el respirador.

• No utilice los respiradores de presión negativa o las máscaras de ajuste holgado con barba, patillas o bigotes que impidan el contacto directo entre la cara y el borde del respirador.

• Si hay dos o más sustancias presentes, puede ser necesaria una combinación de respiradores. Por ejemplo, para exponerse a pintura en aerosol que contiene solventes orgánicos y cemento, puede ser apropiado un respirador compuesto por un cartucho de vapores orgánicos y un filtro para partículas.

Filtros para Partículas N95: Son filtros con una eficiencia de al menos el 95% cuando se los ensaya con aerosol de NaCl de ~0,3µm. Dentro de esta categoría, 3M fabrica respiradores con filtros recambiables y máscaras filtrantes.

Filtros para Partículas N100: Son filtros con una eficiencia de al menos el 99,97% cuando se los ensaya con aerosol de NaCl de ~0,3µm.

Si habláramos solo del arsénico y el cromo hexavalente como únicos contaminantes del ambiente al aire libre, sin humedad o aerosoles, el filtro recomendado (según 3M) serían el N 100 ó N 95.

Deben descansar del uso de los EPP al menos 10 minutos cada dos horas, porque estos EPP pueden llegar a sentirse bastante incómodos porque pueden producir calor en la cara y sensación de falta de aire.

Protección de las manos:

Guantes de caucho nitrilo sirve para ambos contaminantes, con espesura mínima de capa: 0,11 mm.

Protección ocular:

Se recomendaría gafas de protección para salpicaduras, con ventilación indirecta, filtro para rayos UV y con revestimiento antiempañante, para cuando esté en labores de extracción de tierra o contacto con lixiviados.

Pero debe evaluarse si también existe el riesgo de lesión ocular por proyección de partículas, porque ahí la protección también debe contemplar que sea apropiada para éste u otro riesgo adicional.

Para otros EPP no relacionados directamente con el arsénico y el cromo hexavalente: se sugiere remitirse al documento CONTRATO DE CONSULTORIA No. 3662/2019 donde se menciona lo siguiente: "*Se entiende de manera general, que los elementos de protección personal a ser usados en las diferentes actividades de obra, deberían ser mínimamente: overol, guantes, botas o zapatos de seguridad, casco, protección auditiva y protección visual. Sin embargo, para la realización de actividades generadoras de alto impacto como ser realización de excavaciones, manejo de brote de lixiviados, manipulación de residuos peligrosos, entre otros, se debe usar mascarilla con filtros para vapores, escafandra, guantes de nitrilo y overoles impermeables o trajes tivek. Esto debe quedar detallado en el panorama de riesgos y debe cumplirse correctamente.*"

Nota: En la matriz de EPP del archivo en Excel se resaltó en color púrpura y con una X, los EPP mínimos que deben tener estas personas, como son: N95 o N100, guantes de nitrilo y gafas oculares, como mínimo para las personas que se determinó van a estar en contacto con la tierra o lixiviados contaminados por arsénico o cromo hexavalente.

12. PROTOCOLO DE SALIDA

El objetivo principal del protocolo de salida es evitar que las familias de los colaboradores se

expongan a altas concentraciones de estos tóxicos.

- Para visitantes y personal de la obra que no tiene contacto directo con la tierra y los lixiviados, lavarse las manos con jabón humectante antes de salir.

- Para personas que sí tuvieron contacto directo con la tierra o los lixiviados, ducharse y cambiarse la ropa antes de irse a su casa.
- La ropa de trabajo debe llevarse en una bolsa separada de otros elementos y cuando llegue a la casa, ponerse en agua y jabón y lavarla por aparte de la demás ropa de la casa. No se debe reutilizar esa agua, ni agregar otra ropa distinta al recipiente con agua y jabón donde tiene el uniforme.
- La ropa debe cambiarse diariamente.
- En lo posible debe evitarse el consumo de cigarrillo y alcohol en los tiempos libres.
- En lo posible debe evitarse el contacto con aserrín, humos de fundición y evitar el exceso de sol.
- Los EPP respiratorios N100 ó N95 se deben guardar en el empaque original. El tiempo de vida útil de un EPP respiratorio N100 ó N95 es de 30 días. Si el EPP respiratorio está perforado, o con el caucho dañado o demasiado sucio, se debe cambiar inmediatamente.
- Los guantes protectores deben ser lavados a diario y se deben proteger de la luz solar.
- Los protectores visuales deben ser lavados a diario y se deben proteger de la luz solar.

13. MODIFICACIONES EN LA MATRIZ DE PELIGROS E IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS

En las filas 31, 32, 35,36, 59, 60, 72, 73,85, 86, 86, 102, 103, 114, 133, 134, 152, 153, 176, 177, 794, 206, 207, 225, 226, 239, 240, 274, 275, 285, 286, 340, 369, 370, 398, 399, 428, 429, 440, 441, 452, 453, 462, 453, 478, 479, 490, 491, 504, 505, 522, 523, 543, 541, 555, 556, 568, 569, 626, 627 y 651 de la hoja de cálculo "Área Técnica" se realizan las siguientes modificaciones y se señalan en color púrpura dentro de la matriz:

- Columna H Clasificación: Presencia de metales pesados tales como arsénico y cromo considerados como "inaceptables en el concepto de la Secretaría de ambiente. Y otros detectables como son cadmio, plomo, manganeso, mercurio inorgánico, ácidos orgánicos, hidrocarburos, amonio, sulfatos (absorción por vapores, contacto directo con tierras contaminadas).
- Columna J Efecto Probable: Cáncer, intoxicación aguda o crónica con irritación de vías respiratorias, mucosas o piel o desarrollo de enfermedades como neuropatía, asma, úlceras en tabique nasal o cáncer de pulmón, senos paranasales, vejiga
- Columna AA Señalización/advertencias o controles administrativos o ambos: se agregó: Proteger los puntos de hidratación de la contaminación por tierra o lixiviados; instalación de lavamanos y duchas
- Columna AB Equipos de protección personal, quedó así: Equipo de protección personal

(EPP): uso de protector respiratorio, monogafas de seguridad, guantes y ropa de trabajo adecuada, según sea el caso, mascarillas respiratorias para evitar la inhalación y el contacto con el arsénico y el cromo VI.

14. MODIFICACIONES EN EL DOCUMENTO MEDICINA PREVENTIVA:

En la fila 33, se agrega: Programa de vacunación enfocado en la vacuna contra el tétanos. Porque realmente es la enfermedad con alta mortalidad, con vacuna de alta eficacia, que puede relacionarse con la actividad que realizarán en el terreno contaminado con residuos orgánicos. Esta es principalmente para los colaboradores operativos y se aplicará un refuerzo a personas colombianas que ya hayan sido vacunadas alguna vez en la vida.

Para personas extranjeras, se recomienda aplicar el esquema completo como lo recomienda la Cruz Roja, a menos que tengan un carné que demuestre que sí están vacunadas:

- Toxoide tetánico: Previene el Toxoide tetánico causado por la toxina de la bacteria *Clostridium tetani.*
- Indicaciones: Desde los 2 meses de edad en adelante.
- Dosis: 2 dosis con intervalo de 1 mes seguidas de un refuerzo 6 a 12 meses después de la segunda dosis.
- Tiempo de Protección: 10 años de inmunidad.

15. MODIFICACIONES AL DOCUMENTO PROCEDIMIENTO EVALUACIONES MEDICO OCUPACIONALES Y MANEJO DE HISTORIAS CLÍNICAS

Se revisó el documento y solo se pusieron tildes, puesto que cuenta con lo necesario para el objeto del mismo.

16. MODIFICACIONES AL DOCUMENTO PROFESIOGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA LA VALORACIÓN MÉDICO-OCUPACIONAL

Dentro del personal posiblemente expuesto a arsénico y cromo VI se retiraron el director de obra, el almacenista y el auxiliar de almacén y quedaron los siguientes cargos:

- Profesional auxiliar de obra
- Ingeniero Residente de Obra
- Residente Estructura Metálica

- Residente en Geotecnia
- Residente de acabados
- Residente de Instalación Hidráulicas
- Residente de Instalación Eléctricas
- Residente de Instalaciones Mecánicas
- Profesional en Pistas Velódromo
- Profesional ambiental en manejo de suelos contaminados
- Residente ambiental de obra
- Maestro o Inspector de Obra
- "Personal Operativo (Aseo general)"
- "Residente diseño control de obra
- (Profesional de compras)"
- Ingeniería redes contra incendios
- Cuadrilla de topografía
- Operarios de maquinaria amarilla
- Ayudantes y oficiales

Se agregó examen físico con énfasis en sistema neurológico y respiratorio para esta población; se recalcó la espirometría, los exámenes de laboratorio de función renal (BUN o nitrógeno uréico y creatinina), perfil hepático y donde decía "prueba para metales" se colocó la muestras de orina al final de la jornada para detectar niveles de arsénico y cromo hexavalente que son sugeridas como se describe en el punto 8.3.
Estos cambios quedaron para el examen de ingreso y el periódico y se resaltaron en color PURPURA en el profesiograma.

17. INDICADORES

Los Indicadores de evaluación del Sistema de Vigilancia en Toxicología y Riesgo Químico, es la herramienta de medición, la cual nos permite identificar los cambios de una situación y nos ofrece las alertas o advertencias respectivas.

Para los indicadores de prevalencia e incidencia se tendría en cuenta los casos de enfermedad

1355

de la Tabla de Enfermedades descritas en los capítulos de Arsénico y Cromo.

1356

Expuestos: # De trabajadores expuestos x 100 # Total de trabajadores	**Incidencia:** # De trabajadores nuevos de E.L x100 # De trabajadores expuestos
Prevalencia # De casos existentes de E.L (nuevos + antiguos) x100 # Total de trabajadores expuestos	**Cumplimiento** # De actividades realizadas x100 # De actividades programadas

E.L: Enfermedad Laboral

18. REGISTROS

Aplicarían los registros del programa de medicina preventiva y del trabajo y los relacionados.

19. BIBLIOGRAFÍA

https://stacks.cdc.gov/view/cdc/47575

https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html

https://safetya.co/tabla-de-enfermedades-laborales/

https://shawellness.com/shamagazine/es/los-mejores-remedios-naturales-para-desintoxicar-el-cuerpo-de-metales-pesados/#:~:text=As%C3%AD%2C%20el%20cardo%20mariano%2C%20las,la%20eliminaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados.

The Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs) ACGIH Globally Protecting Worker Health, 2024.

1357

https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/ChromiumVI-oxide,MDA_CHEM-100229

https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/msds/MDA_CHEM-112097

https://www.3m.com.co/3M/es_CO/respiradores-la/soporte/centro-proteccion-respiratoria/como-seleccionar-respiradores/

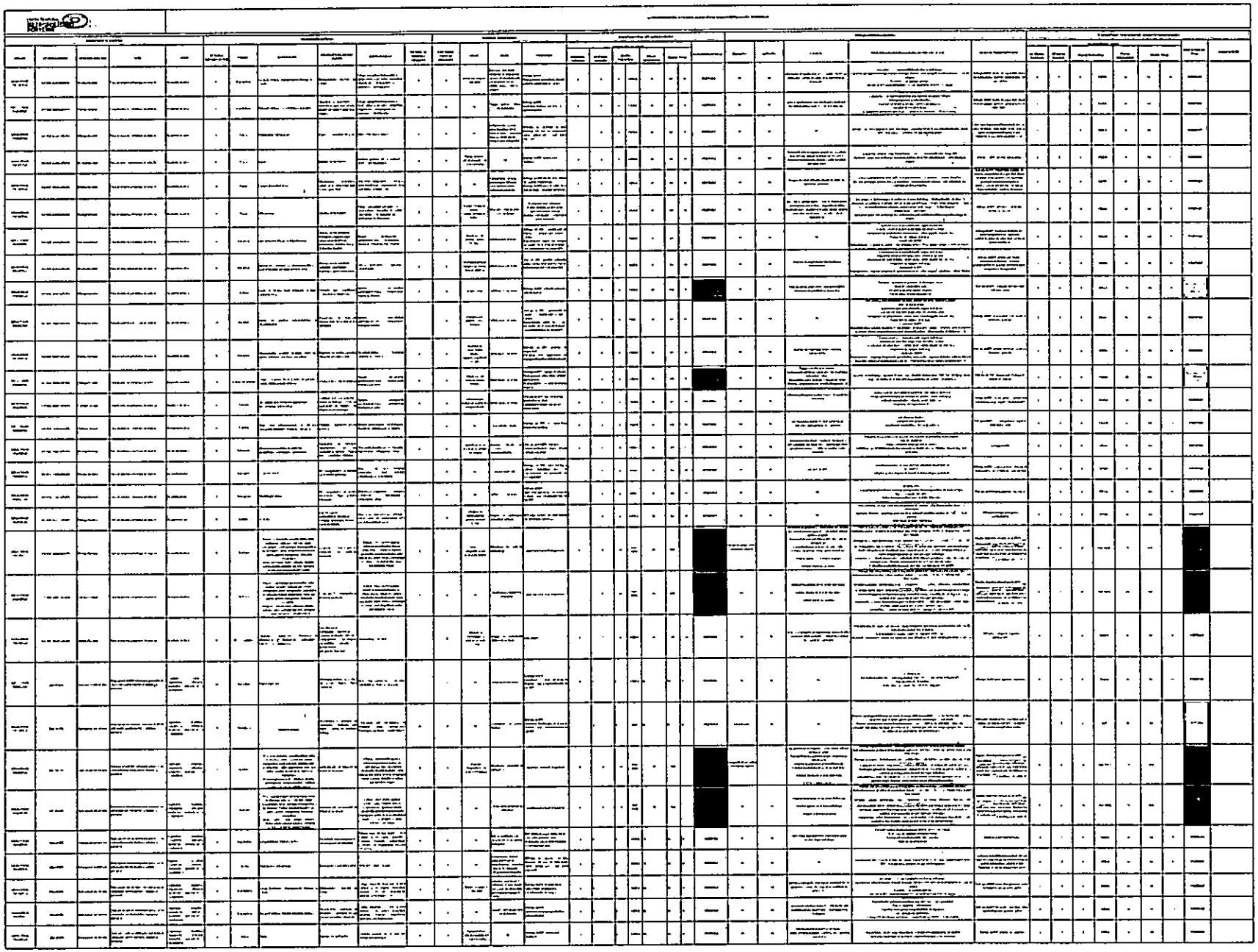
https://www.3m.com.co/3M/es_CO/epp-la/soporte-EPP/noticias-y-avisos/antiparras-de-seguridad/

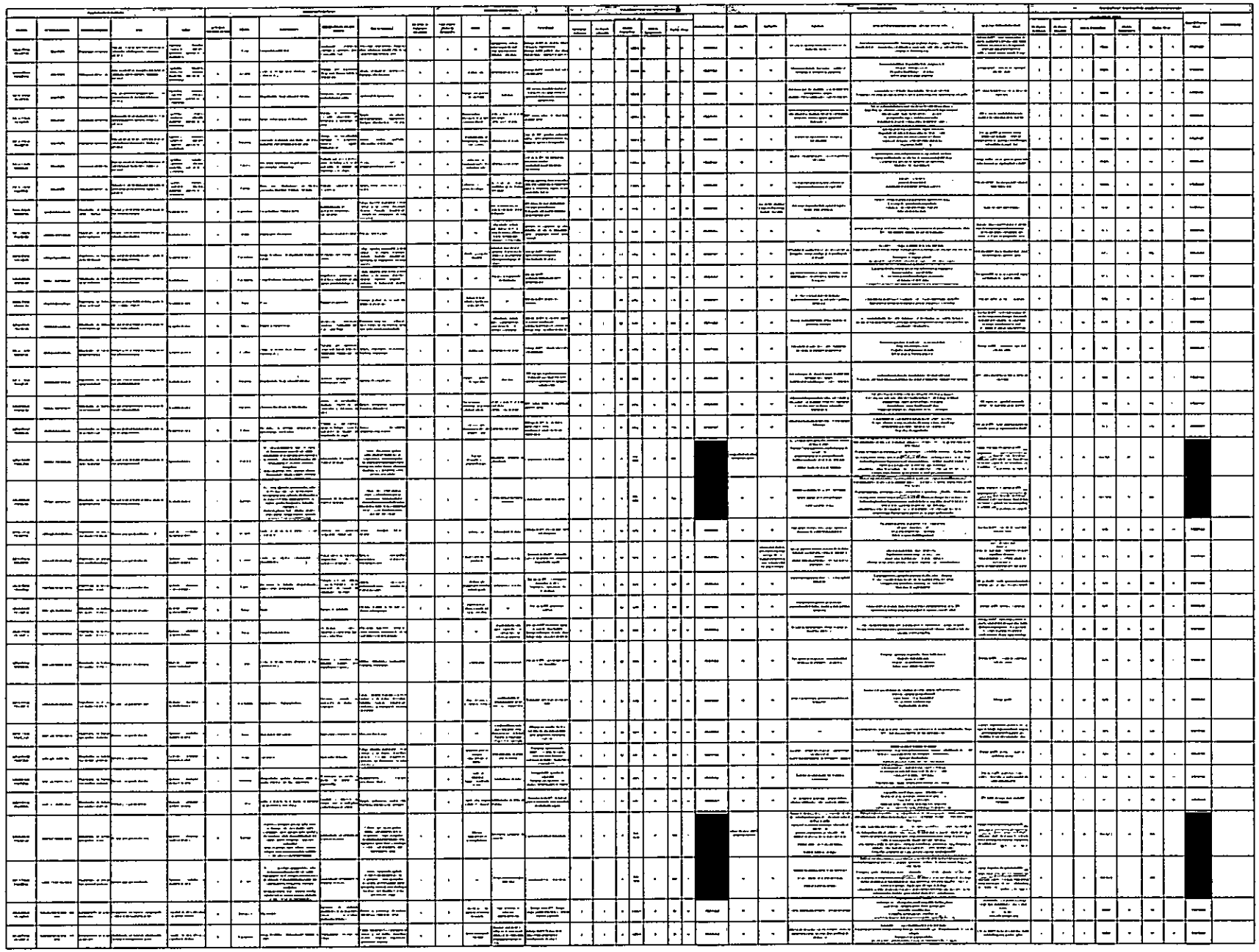
20. TABLA DE CONTROL DE MODIFICACIONES

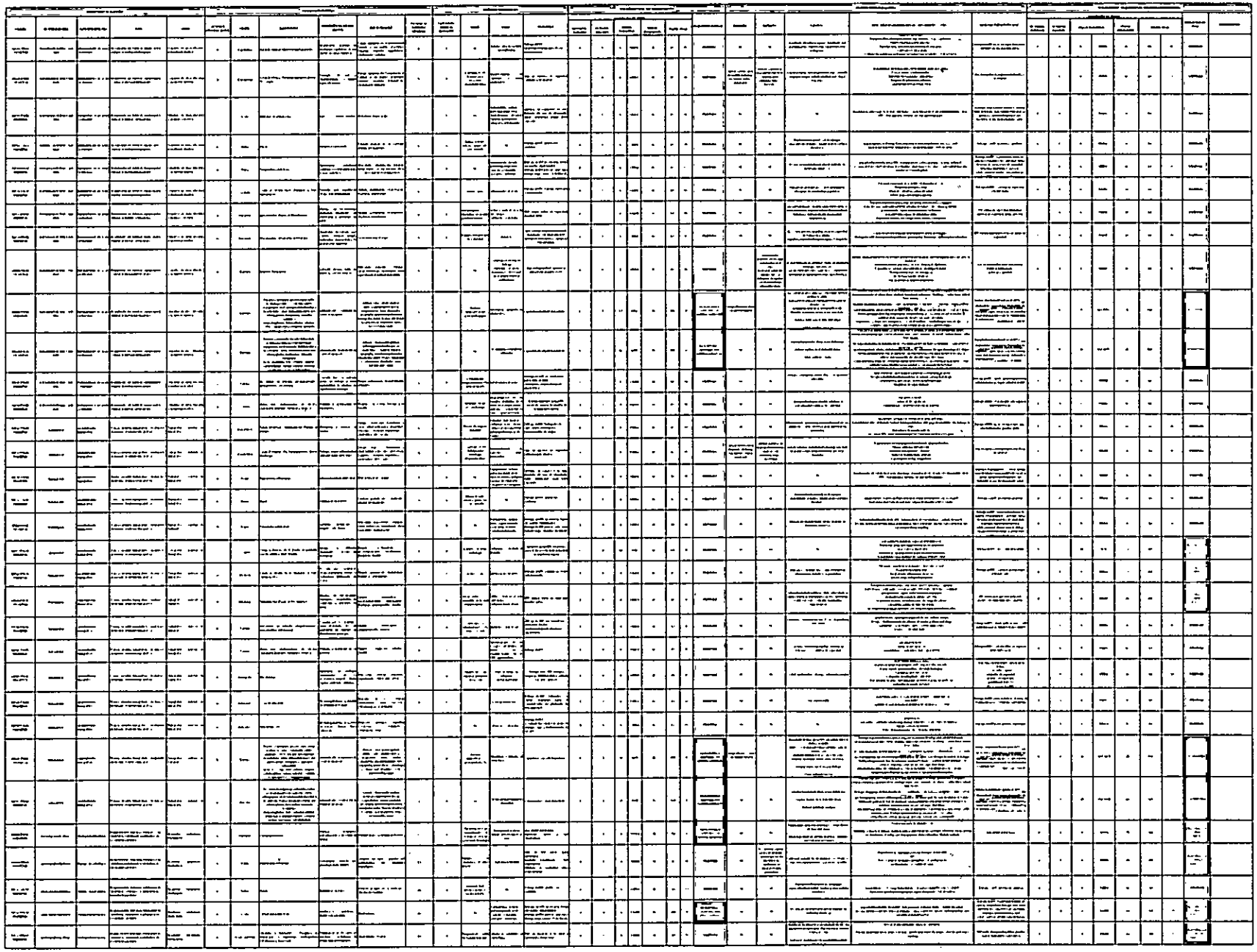
Cuando un documento cambie de versión debe ser identificado con un sello de documento obsoleto.

REV.	Apartado Modificado	Descripción	Fecha
001	Todas las páginas	Creación del Documento	5/04/2024
002	Apartado 13 "Modificaciones en la Matriz"	Se menciona que la fila 651 también se modificó	4/04/2024

REV.	Elaborado por	Profesión	Licencia S.O
001	Carolina Barbosa Cáceres c.c.52.182.436 52182436	Médico Esp. Gerencia de la Salud Ocupacional y MSc. Toxicología	Resolución 7378 de 2021
002	Carolina Barbosa Cáceres c.c.52.182.436 52182436	Médico Esp. Gerencia de la Salud Ocupacional y MSc. Toxicología	Resolución 7378 de 2021









FECHA DE NACIMIENTO **23-ABR-1974**

SANTAFE DE BOGOTA DC
(CUNDINAMARCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.63 ESTATURA | **O+** G.S. R.H. | **F** SEXO

15-DIC-1992 SANTAFE DE BOGOTA DC
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

INDICE DERECHO

REGISTRADOR NACIONAL

A-1500122-32232504-F-0052182436-2000053'0 04364 0'0'EA D1 3232352

1381

República de Colombia
Ministerio de Defensa Nacional

La Universidad Militar Nueva Granada

Teniendo en cuenta que:

Carolina Barbosa Cáceres

c.c. No. 52.192.436 de Santafé de Bogotá, D.C.

Ha cumplido con los requisitos académicos exigidos por la Universidad, en nombre de la República de Colombia y por autorización del Ministerio de Educación Nacional, le otorga

El título de:

Médico y Cirujano

En constancia se firma y sella el presente Diploma en Santa Fe de Bogotá, D.C. a los 20 días del mes de Diciembre de 1996.

Rector de la Universidad

Vicerrector Académico

Decano de la Facultad

Acta de Grado No. 891.
Registro No. 2062.

Jefe División Registro Académico

MINISTERIO DE SALUD
DIRECCION SECCIONAL DE SALUD DE CUNDINAMARCA
Bogotá
Resolución
Folio

02062

Registro Oficial
Anotado al folio 517 Libro 01
Santa Fe de Bogotá, D.C., República de Colombia
Día 30 Mes 01 Año 98

1382

1383

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario - 1653

Real Cédula del 31 de Diciembre de 1651
Resolución 58 del 16 de Septiembre de 1895

FACULTAD DE ALTOS ESTUDIOS DE ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS

Instituto de Ciencias de la Salud - CES

Resolución ICFES 1371 de septiembre 15 de 1982
Acuerdo ICFES 108 de junio 26 de 1991

FACULTAD DE MEDICINA

Por cuanto Carolina Barbosa Cáceres C.C. Nº 52'182.236 de Bogotá
Egresado de la Universidad Militar Nueva Granada
en virtud del convenio (Resolución 35061 de septiembre 25 de 1995), ha cumplido con todos los requisitos exigidos, cursando y aprobando el **Programa de Especialización en Gerencia de la Salud Ocupacional**, le confiere el título de

Especialista en Gerencia de la Salud Ocupacional

Registrado bajo el Nº 7100 folio 8 libro 9 y refrendado por el Secretario General del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en la ciudad de Santa Fe de Bogotá, D.C., República de Colombia, a los veintinueve (29) días del mes de septiembre de dos mil (2000).

El Rector del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

El Rector del Instituto de Ciencias de la Salud - CES

El Secretario General del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

El Decano de la Facultad de Administración de Empresas del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

El Decano de la Facultad de Medicina del Instituto de Ciencias de la Salud - CES

1384

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE

Medicina

TENIENDO EN CUENTA QUE

Carolina Barbosa Cáceres

C.C. 52.182.436 Bogotá

CUMPLIO SATISFACTORIAMENTE

TODOS LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS DEL PROGRAMA

DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS LE CONFIERE EL TITULO DE

Magister en Toxicología

EN LA CIUDAD DE Bogotá A Diciembre 14 DE 2005

DECANA(E) FACULTAD

RECTOR(A) GENERAL

Elizabeth López Rico
SECRETARIA GENERAL



CAROLINA BARBOSA CÁCERES

MÉDICA MAGÍSTER EN TOXICOLOGÍA

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE LA SALUD OCUPACIONAL
Licencia Salud Ocupacional vigente

PERFIL

Experta en liderar el Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo, Gestión Ambiental de Riesgos, Emergencias y Desastres en distintos sectores.

He realizado múltiples consultorías en salud ocupacional, salud ambiental, seguridad y toxicología en múltiples sectores públicos y privados.

Auditora interna de normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, FSSC 22001, BASC y Decreto 1072 de 2015.

He diseñado e implementado programas de seguridad química, zoonosis y prevención del consumo de alcohol, tabaco y sustancias para distintas ARL.

Tengo excelentes relaciones interpersonales y vasta experiencia en desarrollo de equipos de trabajo.

CONTACTO

57 - 310 2275054

carolina.barbosa.caceres@gmail.com

EDUCACIÓN

Universidad Nacional de Colombia
Maestría en Toxicología, 2005

Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario
Especialización en Gerencia de la Salud Ocupacional, 2000

Universidad Militar Nueva Granada
Médico cirujano, 1996

EXPERIENCIA LABORAL

DROGUERÍAS Y FARMACIAS CRUZ VERDE S.A.S y MEDICARTE
Directora de Salud, Seguridad en el Trabajo y Gestión Ambiental
2020/08 - 2023/11

CLARO COLOMBIA (COMCEL S.A.)
Jefe de Seguridad Industrial, Salud en el Trabajo y Ambiente
2019/05 - 2020/07

PEPSICO ALIMENTOS COLOMBIA
Medical Senior Supervisor
2012/02 - 2019/05.

MEDITOX Ltda.
Médico Toxicólogo y Subgerente
2005 - 2012.

PROENFAR
Médica de Salud ocupacional y toxicología
2009 a 2011.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Coordinadora de la Comisión Técnica Nacional Intersectorial de Salud Ambiental
2011.

POWER SKILLS

- Liderazgo transformacional.
- Relaciones interpersonales.
- Orientación al cliente y al logro.
- Automotivación.
- Trabajo en equipo.
- Ética y Valores
- Capacidad de adaptación.

1385

EXPERIENCIA LABORAL 1

DROGUERÍAS Y FARMACIAS CRUZ VERDE S.A.S y MEDICARTE

Cargo: Directora de Salud, Seguridad en el Trabajo y Ambiente.

Logros: LOGROS:
• Implementé el Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo (SG-SST) para 8000 empleados y 720 sedes, pasando del 38% de cumplimiento legal a 97%
• Logré la reducción año a año de los índices de frecuencia y severidad de accidentes de trabajo en 35%
• Logré el sello de empresa Biosegura con FENALCO Solidario con un puntaje de 100/100 por el programa para prevenir el Covid-19.
• Aporté significativamente para resultados estupendos en clima laboral evaluado por FEMSA y en el sello plata de Equipares.
• Diseñé e implementé el programa de salud mental Equilibradamente:
• Intervención a líderes y personas con alto riesgo, brindándoles herramientas para la gestión de las emociones, primeros auxilios psicológicos, talleres de educación emocional, impactando positivamente en sus vidas.
• Diseño del programa ADN Actitud, Deporte y Nutrición para fomento de estilos de vida saludable.
• Reconocimiento de la ARL COLMENA por ser empresa socialmente responsable.

Gestión Ambiental:
• Lideré la implementación del sistema pasando de 20% a 91% de cumplimiento basados en ISO 14001.
• Premio sello verde categoría Semilla con la empresa Sello Verde de Verdad.

• Lideré la puesta en marcha del Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria con el que desarrollamos proyectos de economía circular, gestión de residuos y ahorro de papel y realizamos la 1ª y 2ª Semana de la Sostenibilidad Ambiental.

CLARO COLOMBIA (COMCEL S.A.)

Cargo: Jefe de Seguridad Industrial, Salud en el Trabajo y Ambiente

Logros: Logros:
Implementación del SG – SST y Gestión Ambiental para 11.000 empleados y 113 sedes.

• Contribuí en la mejora del clima laboral del equipo de trabajo y de la empresa en general.
• Avancé en el programa de gestión de riesgos, emergencias y desastres con actualización de planes de emergencias.
• Logré la instalación de la primera sala de crisis de simulacro de eventos catastróficos y de la epidemia del Covid-19, con participación de directores y gerentes.
• Implementé el programa de prevención de consumo de tabaco y otras sustancias psicoactivas.
• Inicié la creación del centro de monitoreo de tareas de alto riesgo.

• Mejoré los indicadores de ausentismo de casos recurrentes con la implementación del programa de Gestión del Ausentismo.

• Inicié la gestión para lograr la certificación en ISO 45001 en una de las sedes de la compañía.

EXPERIENCIA LABORAL 2

PEPSICO ALIMENTOS COLOMBIA

CARGO:
Medical Senior Supervisor (Coordinador de Salud Ocupacional),

Con Rol de Coordinador Andinos de Salud Ocupacional (**líder** del programa de Salud Ocupacional en Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador) por 6 meses.

Logros:

- Diseñé el área de salud laboral, la visión, políticas y estrategias de control de riesgos.
- Fundé el Comité interdisciplinario de ergonomía y salud, con el que desarrollamos 9 grandes proyectos de mejoras de ingeniería de alta inversión a través de CAPEX, con disminución de los días perdidos debido a enfermedades musculoesqueléticas.
- Diseñé la Política y el programa de prevención de alcohol y sustancias psicoactivas.
- Contribuí de manera importante en la certificación en OHSAS 18001, ISO 14001, ISO 9001 y EHS Global PepsiCo durante tres años consecutivos.
- Lideré el programa de seguridad química con el que obtuvimos el Premio PISA (Programa de Salud Ambiental Integral) otorgado por la Alcaldía de Bogotá 2015.
- En 2015, obtuve la Nominación al Gran Premio Champion de PepsiCo Global, por el programa de Medicina Holística para vendedores y trabajadores de plantas en Colombia.
- Lideré la publicación del Boletín de EHS durante los años 2016 y 2017, sobre salud, sostenibilidad y seguridad, se generó una mayor comunicación, camaradería y consiguiente colaboración entre los miembros de HSE LATAM.
- Experiencia crítica: Liderazgo en salud ocupacional de PepsiCo Alimentos en América Latina por 6 meses, durante 2016

MEDITOX LTDA.

CARGO:

Médico Toxicólogo y Subgerente

LOGROS:

- Realicé asesorías en Salud Ambiental, en Salud Ocupacional, Higiene Industrial, Seguridad Alimentaria y Toxicología Ocupacional, para varias compañías como Harinera del Valle, Licorera de Cundinamarca, La Equidad ARP, Colpatria ARP, ECOPETROL, PETROBRAS, BRINSA, CHAMPION TECHNOLOGIES, PETREVEN, PEXIN, FEPCO, TECNICONTROL S.A. y otros.
- Valoración médica toxicológica de casos de posible intoxicación laboral, para contribuir a la definición de origen

EXPERIENCIA LABORAL 3

PROENFAR

CARGO:

Médica de Salud ocupacional y toxicología,

- Diseñé e implementé los sistemas de vigilancia epidemiológica, asesoré en riesgo químico.
- Participé en la certificación en ISO 140001, OSHAS 18001 en 2010.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Cargo: Coordinadora de la Comisión Técnica Nacional Intersectorial de Salud Ambiental durante septiembre a diciembre del año 2011.

- Participé en el desarrollo de políticas nacionales de salud ambiental con los diferentes ministerios del país que conformaron la comisión.
- Organicé las agendas interministeriales para trabajar en salud ambiental de acuerdo con las políticas nacionales y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de la Organización Mundial de la Salud.

ESTUDIOS

FORMALES

- Maestría en Toxicología en la Universidad Nacional de Colombia, 2005.
- Especialización en Gerencia de la Salud Ocupacional en la Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, 2000.
- Medicina, Universidad Militar Nueva Granada, 1996.

OTROS ESTUDIOS

- Auditor interno certificado en ISO 45001, ISO 14001, ISO 9001 y FSSC 22000, 2018.
- *Certificate in Environmental Management by* NEBOSH en Gestión Ambiental, 2016.
- Certificado Entrenador del Programa Rangers (PepsiCo) y Construyendo confianza by Dale Carnegie, 2018.
- Competencias en inglés, actualmente nivel B1.

ACTIVIDADES ACADÉMICAS

- Evaluador *ad honórem* de artículos de toxicología para la revista de la facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, 2023.
- Evaluación de proyectos en COLCIENCIAS sobre el anuncio de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud Ambiental de agosto de 2017 y 2018.
- Expositor en la Sociedad Colombiana de Ergonomía - Tercera Conferencia de Ergonomía "Una Visión Integral con Orientación Manual Manipulación de Cargas" - Cambios en el manejo de cargas en la actividad de saborización en PepsiCo Alimentos Colombia. Mayo 2018.
- Asistente, Simposio Nacional de Toxicología Clínica, Medellín, octubre de 2018.

REFERENCIAS

LABORALES

Dr. CARLOS HERNÁN MARÍN.
Sub Director Técnico y Territorial de la Unidad de Búsqueda de Personas dadas por Desaparecidas.
Teléfono 315 3444098.

Ing. ALIX RICO
Gerente HSE PepsiCo Alimentos Colombia.
Teléfono 321 4354541

Dra. SANDRA MORALES
Gerente Recursos humanos Claro Colombia.
Teléfono 310 2471306

Dra. CLAUDIA STERLING,
Vicepresidenta Legal y de Asuntos Corporativos de Droguerías y Farmacias de Cruz Verde.
Teléfono 314 2956272.

PERSONALES

Dra. Adela Castro. Médica Oftalmóloga.
Tel: 300 2177521.

Dr. Carlos Buitrago, Médico laboral.
Tel: 301 2152973.

Ing. Felipe Plata. Gerente HSE Nokia Colombia
Tel: 3108667645.

1389

BOGOTÁ | SECRETARÍA DE SALUD

DIRECCIÓN DE CALIDAD DE SERVICIOS DE SALUD
SUBDIRECCIÓN INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE SERVICIOS DE SALUD

RESOLUCIÓN No. 7378 de 26/02/2021

"Por la cual se Renueva Licencia de Prestación de Servicios en Seguridad y Salud en el Trabajo"

LA SUBDIRECTORA DE INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE SERVICIOS DE SALUD.

En uso de sus facultades legales conferidas en los artículos 23 de la ley 1562 de 2012 y 1o. de la Resolución 4502 del 28 de diciembre de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social y en especial por las que le confiere el Decreto 507 del 6 de noviembre de 2013 de la Alcaldía Mayor de Bogotá y,

CONSIDERANDO:

Que el (la) señor(a) CAROLINA BARBOSA CACERES, identificado(a) con CC 52182436, ha solicitado la renovación de la Licencia para prestación de servicios en Seguridad y Salud en el Trabajo, otorgada mediante Resolución No. 12319 de 2010-12-07, expedida por La Secretaria Distrital de Salud;

Que el peticionario ha presentado la documentación necesaria, exigida por el literal A del Artículo Segundo de la Resolución 4502 del 28 de diciembre de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social.

Que revisada la solicitud presentada con su documentación anexa y verificado el cumplimiento de los requisitos exigidos por la Resolución No. 4502 de 2012 expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social para el otorgamiento de la licencia de salud ocupacional, se considera procedente la expedición de licencia solicitada.

En mérito de lo expuesto, la Subdirectora de inspección, vigilancia y control de servicios de salud de la Secretaría Distrital de Salud

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO: Renovar Licencia de Prestación de Servicios en Seguridad y Salud en el Trabajo a CAROLINA BARBOSA CACERES, identificado(a) con CC 52182436, como MÉDICO Y CIRUJANO ESPECIALISTA EN GERENCIA DE LA SALUD OCUPACIONAL .

ARTICULO SEGUNDO: La licencia renovada comprende la prestación de servicios en Seguridad y Salud en el Trabajo en las siguientes áreas o campos de acción:

- Medicina en Seguridad y Salud en el Trabajo
- Investigación en área técnica
- Investigación del accidente de trabajo
- Educación
- Capacitación
- Diseño, Administración y Ejecución del sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

ARTÍCULO TERCERO: La presente renovación de Licencia se concede por término de diez (10) años, es de carácter personal e intransferible, tendrá validez en todo el Territorio Nacional.

ARTICULO CUARTO: Cuando el titular de la licencia modifique alguna de las condiciones acreditadas en el momento de su obtención, deberá informar tal hecho a la Dirección de Calidad de Servicios de Salud - Subdirección Inspección, Vigilancia y Control de Servicios de Salud de esta Secretaría de Salud, a fin de que se proceda a modificar la resolución por la cual se otorgó la licencia. En caso contrario incurrirá en las sanciones previstas en las normas legales vigentes.

ARTICULO QUINTO: El titular de la licencia deberá dar estricto cumplimiento a las normas que regulan la materia, en especial a la Ley 1562 de 2012, Resolución 4502 del 28 de diciembre de 2012 y demás normas que la modifiquen o adicionen.

ARTICULO SEXTO: Notificar esta Resolución a CAROLINA BARBOSA CACERES informándole que de conformidad con el artículo 74 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo (Ley 1437 de 2011) contra la misma proceden los recursos de reposición y en subsidio apelación, los cuales podrá interponer ante esta Secretaría, dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a la notificación de este acto administrativo.

NOTIFIQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá, D.C. a los 26/02/2021

DORA DUARTE PRADA

Subdirectora Inspección, Vigilancia y Control de Servicios de Salud

Código de verificación: EW1Pu6WLwk

Elaboró: klramirez

Revisó: cevillanueva

Aprobó: dduarte

7.2. PLAN DE EMERGENCIAS

"CONTRATAR LAS OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL VELÓDROMO UBICADO EN EL PARQUE METROPOLITANO EL PORVENIR (GIBRALTAR), EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY EN BOGOTÁ"

UNIÓN TEMPORAL METROPOLITANO PORVENIR

PLAN DE PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS Y CONTINGENCIAS

ELABORADO POR:

GRUPO SEYSA

Trabajo Asesorado por GRUPO SEYSA SAS

LIC SST No 13893

Este documento no exime, ni reemplaza las responsabilidades del empleador frente al Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST

ABRIL DE 2024

BOGOTA

1393

1. OBJETIVOS 5

1.1. OBJETIVO GENERAL 5

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5

2. ALCANCE 6

3. MARCO LEGAL 13

4. DESARROLLO 17

4.1. CONSIDERACIONES DEL PLAN DE EMERGENCIAS GENERALES 18

4.2. DEFINICIONES 7

4.3. CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS DEL PLAN DE PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS 19

5. INFORMACIÓN GENERAL 20

5.1. INFORMACION GENERAL DE LA UT 20

5.2. GEORREFERENCIACIÓN DE LA UT 22

5.2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y LÍMITES 22

5.2.2. LÍMITES DEL PROYECTO 27

5.2.3. VÍAS DE ACCESO 27

6. CLASIFICACIÓN, TIPIFICACIÓN Y CAUSAS DE LAS EMERGENCIAS 28

7. ORGANIZACIÓN COMITÉ OPERATIVO DE EMEREGENCIA 29

7.1. SISTEMA COMANDO DE INCIDENTES 29

7.2. IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS 39

7.2.1. RECURSOS HUMANOS 40

7.2.2. RECURSOS FÍSICOS 43

RUTAS DE EVACUACIÓN 45

ANALISIS DE RIESGO 52

PROCEDIMIENTO OPERATIVO NORMALIZADO (PON) 57

PROGRAMA DE CAPACITACIONES 59

CONTROL DE CAMBIOS 59

1394

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad legal aplicable 17
Tabla 2. Datos legales de la UT 22
Tabla 3. Factibilidades 28
Tabla 4. Recursos humanos 43

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación geográfica del proyecto 24
Imagen 2. Vías de acceso al proyecto 28

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de organización del comité de emergencia ..... **¡Error! Marcador no definido.**

1395

INTRODUCCIÓN

En las actividades cotidianas de cualquier empresa, se pueden presentar situaciones que afectan de manera repentina el diario proceder. Estas situaciones son de diferente origen: Naturales (vendavales, inundaciones, sismos, incendios forestales, tormentas eléctricas, etc.), tecnológicas (incendios, explosiones, derrames de combustibles, fallas eléctricas, fallas estructurales, etc.), y sociales (atentados, vandalismo, terrorismos, amenazas de diferente índole, etc.)

Lo anterior muestra la variedad de eventos que en cualquier momento pueden afectar de manera individual o colectiva el cotidiano vivir con resultados como lesiones o muertes, daño a bienes, afectación del medio ambiente, alteración del funcionamiento y pérdidas económicas. De la forma seria y responsable como las empresas se preparen, podrán afrontar y salir avante frente a las diferentes emergencias y consecuencias de las mismas.

Todo plan de emergencias se fundamenta en las actividades de prevención y preparación, las cuales hay que apreciar desde el punto de vista administrativo, funcional y operativo.

En la Ley 9ª de 1.979, el Gobierno Nacional contempló en su legislación, la necesidad de implementar en las empresas, las facilidades y recursos para prestar los primeros auxilios a sus trabajadores. Así mismo, a través del Decreto 1072 de 2015, Articulo 2.2.4.6.25. Prevención, preparación y respuesta ante emergencias, se recalca la importancia de contar con un plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

1396

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer procedimientos que permita a los ocupantes y/o visitantes de LA UNION TEMPORAL METROPOLITANO PORVENIR - PROYECTO GIBRALTAR, prevenir y protegerse en caso de desastres o amenazas colectivas que puedan poner en peligro su integridad, mediante el desarrollo de acciones rápidas y confiables que permitan a las personas desplazarse a lugares de menor riesgo (evacuación).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

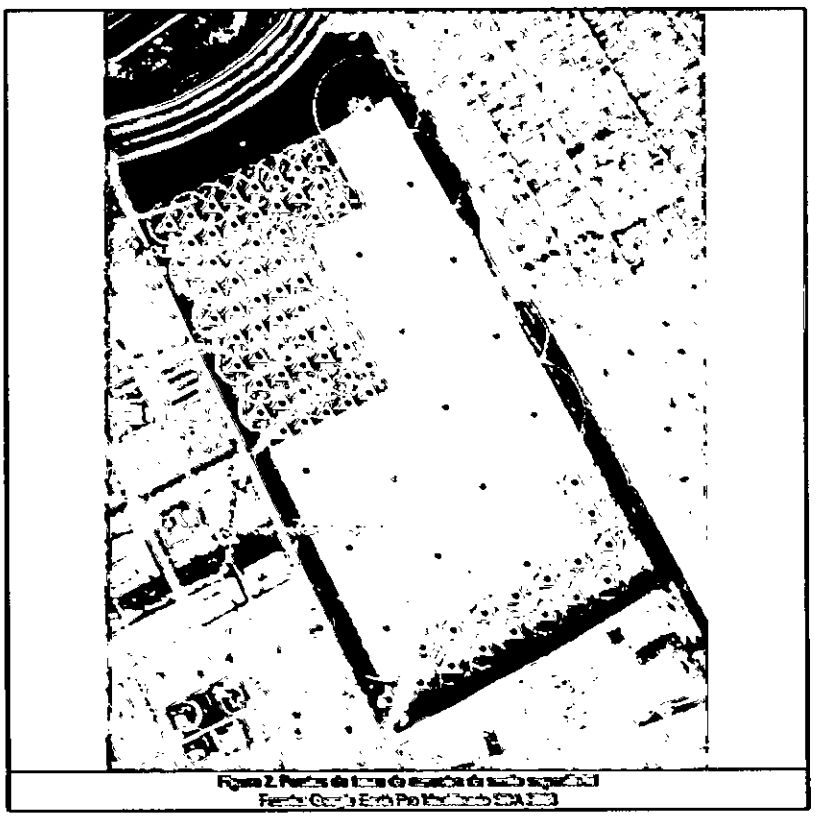
- Identificar y asignar los recursos disponibles para la preparación y respuesta ante emergencias del proyecto.

- Identificar, analizar y evaluar el riesgo, con el fin de estimar daños y pérdidas potenciales de las eventualidades que pueden afectar el normal funcionamiento de la Unión Temporal Metropolitano Porvenir y por ende a sus trabajadores y el buen funcionamiento de la sociedad.

- Analizar la vulnerabilidad de proyecto frente a las amenazas identificadas, considerando las medidas de prevención y control existentes.

- Diseñar e implementar los procedimientos para prevenir y controlar las amenazas priorizadas.

1397



"...En la anterior figura se observan con un triángulo amarillo, los puntos donde se tomaron muestras de suelo para análisis en laboratorio, mientras el circulo blanco representa su área de influencia. Se indica que se realizó análisis de arsénico, metales pesados (plomo, mercurio total, cadmio, cromo total, cromo hexavalente, cobalto aluminio, níquel y cobre), e hidrocarburos totales de petróleo rangos GRO, DRO y ORO."

"La toma de muestra y análisis estuvo a cargo del laboratorio SGS a excepción de TPH C28-C40, que fue analizado por el laboratorio internacional AGQ Perú. El laboratorio SGS Colombia S.A.S se encuentra acreditado mediante Resolución IDEAM 0186 del 08/03/2021 vigente del 25/03/2021 al 25/03/2025 para la toma y análisis de los compuestos presentados. Por su parte, AGQ PERÚ S.A.C. se encuentra acreditado por el Instituto Nacional de Calidad de Perú, vigente del 30/04/2021 al 29/04/2025"

Tabla 66. Coeficientes de escorrentía cuneta número 2

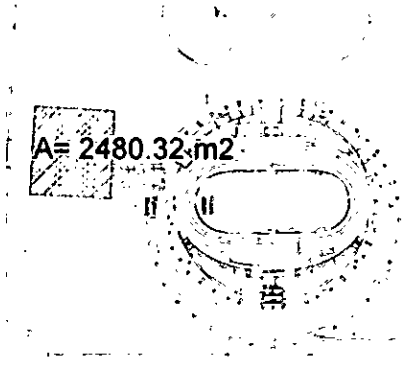
Características de la superficie		Período de retorno (años)				
		5	10	25	50	100
Áreas desarrolladas						
	Asfáltico	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95
	Concreto/techo	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97
	Zonas verdes (jardines, parques, etc.)					
	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)					
	Plano, 0-2%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47
	Promedio, 2-7%	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53
	Pendiente superior a 7%	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55
	Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)					
	Plano, 0-2%	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41
	Promedio, 2-7%	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
	Pendiente superior a 7%	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53
	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)					
	Plano, 0-2%	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36
	Promedio, 2-7%	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
	Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51

Fuente: NS-085 EAAB

6.6.2. Áreas de recolección cuneta número 2

Para la tipología de cuneta verde número 2 se seleccionó la zona del parqueadero con un área de 2480.32m^2, como puede verse en la siguiente ilustración:

Ilustración 54. Áreas de recolección para la cuneta verde número 2



Fuente: Arquitectura.

1399

- Establecer los mecanismos para informar, capacitar y entrenar a todos los trabajadores, para que estén en capacidad de actuar y proteger su salud e integridad, ante una emergencia real o potencial en el proyecto.

- Determinar en caso de que aplique los convenios de ayuda mutua ante amenazas de interés común.

2. ALCANCE

Este plan es aplicable únicamente a la UNION TEMPORAL METROPOLITANO PORVENIR - PROYECTO VELODROMO GIBRALTAR, incluyendo a todas las personas que allí se encuentren en función o labor y la comunidad vecina que se pueda llegar a ver afectadas por la materialización de una emergencia de origen natural, socio/natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, Además, es una herramienta para facilitar la gestión en la prevención, actuación y control de posibles situaciones emergencias que se presenten en la ejecución de sus actividades en las instalaciones locativas y a su vez presenta una estrategia para que esta gestión sea definida en planes de acción a corto y mediano plazo.

El presente documento es compatible y puede integrarse fácilmente con los organismos de socorro de la zona.

1400