

**PROYECTO FIC-R CODIGO BIP 40002625-0**

**Estudio Técnico de Ingeniería para la  
implementación de prototipos SUDS.**

**OCTUBRE DE 2018**

**PROYECTO FIC-R GOBIERNO REGIONAL METROPOLTANO, AGUAS DE BARRIO  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA  
2018-2019**

**DIRECTORA: Rosa Chandía-Jaure**

**PROFESIONALES RESPONSABLES: Boris Zúñiga Lucero, Enzo Ramirez Fernandez**

## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	3
<b>1 DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>4</b>
1.1 DIAGNÓSTICO DEL DESEMPEÑO HIDRÁULICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....	4
1.1.1 <i>Estudio de suelos</i> .....	5
1.1.2 <i>Estudio Topográfico</i> .....	37
1.1.3 <i>Estudio Hidrológico</i> .....	37
1.1.4 <i>Estudio hidráulico</i> .....	65
1.1.5 <i>Levantamiento de sectores con potencial técnico de transformación en infraestructura verde urbana.</i>	66

## **INTRODUCCIÓN**

En el marco del proyecto Aguas de Barrio, las labores de ingeniería buscan sintetizar la información bibliográfica y de terreno, con el objetivo de realizar estudios que permitan: caracterizar el suelo del área de interés; cuantificar la precipitación y escorrentía de la zona; conocer la topografía, tanto a nivel general como local; y dimensionar obras de drenaje urbano sostenible, con miras construir prototipos que se integren en el área de estudio. Para apoyar esta labor, se recurrirá a herramientas materiales y computacionales, para tratar de manera apropiada la información geográfica, fortalecer la verificación hidráulica de las obras, entre otros hitos.

Los estudios preliminares a realizar buscan otorgar un recurso técnico que permita obtener parámetros relevantes para llevar a cabo los codiseños, los que además tomarán en consideración sugerencias y alcances que aporten miembros de la comunidad. El presente estudio permite establecer una base que servirá para materializar prototipos factibles de implementar en el área de intervención, que favorezcan el drenaje amigable con el ambiente, y que operen en paralelo con las soluciones de drenaje urbano típicas que el área de estudio presenta.

# 1 DIAGNÓSTICO

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Evaluar el potencial de drenaje y captación en el paisaje urbano del barrio, desde los riesgos y oportunidades frente al cambio climático.

## 1.1 DIAGNÓSTICO DEL DESEMPEÑO HIDRÁULICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

En una etapa inicial del diagnóstico, se ha recopilado información sobre las soluciones tradicionales para favorecer el drenaje urbano, en las que se puede nombrar: franjas filtrantes, pozos de infiltración, jardines para lluvia – biorretención, cunetas verdes, etc.

Además, se cuenta con el Manual de Drenaje Urbano de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, 2013), el cual aporta un marco normativo que actúa como guía para el diseño y dimensionamiento de las soluciones consideradas. El documento proporciona criterios que permiten definir los escenarios para los cuales se deben diseñar las obras, indicando periodos de retorno, duración de tormentas de diseño, métodos de estimación de caudales, entre otras especificaciones de relevancia.

Hasta el momento, se ha avanzado en la recopilación de antecedentes relevantes, con miras a caracterizar el suelo de la zona de estudio, poniendo especial énfasis en la composición física del mismo y en su permeabilidad; la cual constituye una variable clave para el desarrollo de cualquier iniciativa de drenaje que interactúe con el suelo. En el marco de esta actividad, la recopilación inicial de antecedentes, llevó al levantamiento de estudios de mecánica de suelos existentes, provenientes de proyectos inmobiliarios de la zona, sometidos a Estudios de Impacto Ambiental, extraídos del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), los cuales se elaboraron con la finalidad de caracterizar los tipos de estratos representativos del subsuelo del área.

Se ha recabado la estadística de la estación pluviométrica más cercana de la Dirección General de Aguas (DGA). Esta estadística permite elaborar el estudio hidrológico asociado, con la finalidad de definir tormentas de diseño y obtener caudales máximos para el dimensionamiento de las obras. Lo anterior, tomando en consideración los criterios indicados en el citado Manual de Drenaje Urbano de la DOH.

También se ha realizado un catastro preliminar de puntos de posible intervención, tomando en cuenta valoraciones arquitectónicas y sociales, funcionalidad del lugar, accesibilidad, obras aledañas y

potencialidad de desarrollo de drenaje. Para esta labor se han elaborado mapas de la zona, que han permitido superponer la información levantada por las diferentes disciplinas contempladas por el proyecto, lo que ha favorecido la elección de cada punto, bajo criterios unificados.

Se han buscado referentes nacionales de empresas y pymes asociadas al rubro de la construcción, que se dediquen a la ejecución de obras afines con el proyecto, en área tales como: pavimentación, sistemas de drenaje y mobiliario urbano. Lo anterior con el fin de buscar aliados interesados en la innovación e implementación de nuevos sistemas de drenaje urbano sostenible.

### **1.1.1 Estudio de suelos**

Se realiza la recopilación de Estudios de Mecánica de Suelos correspondientes a proyectos ejecutados en el área de estudio del Barrio Almagro y sus alrededores, los cuales han sido sometidos a Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Declaración de Impacto Ambiental (DIA), inspeccionados por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

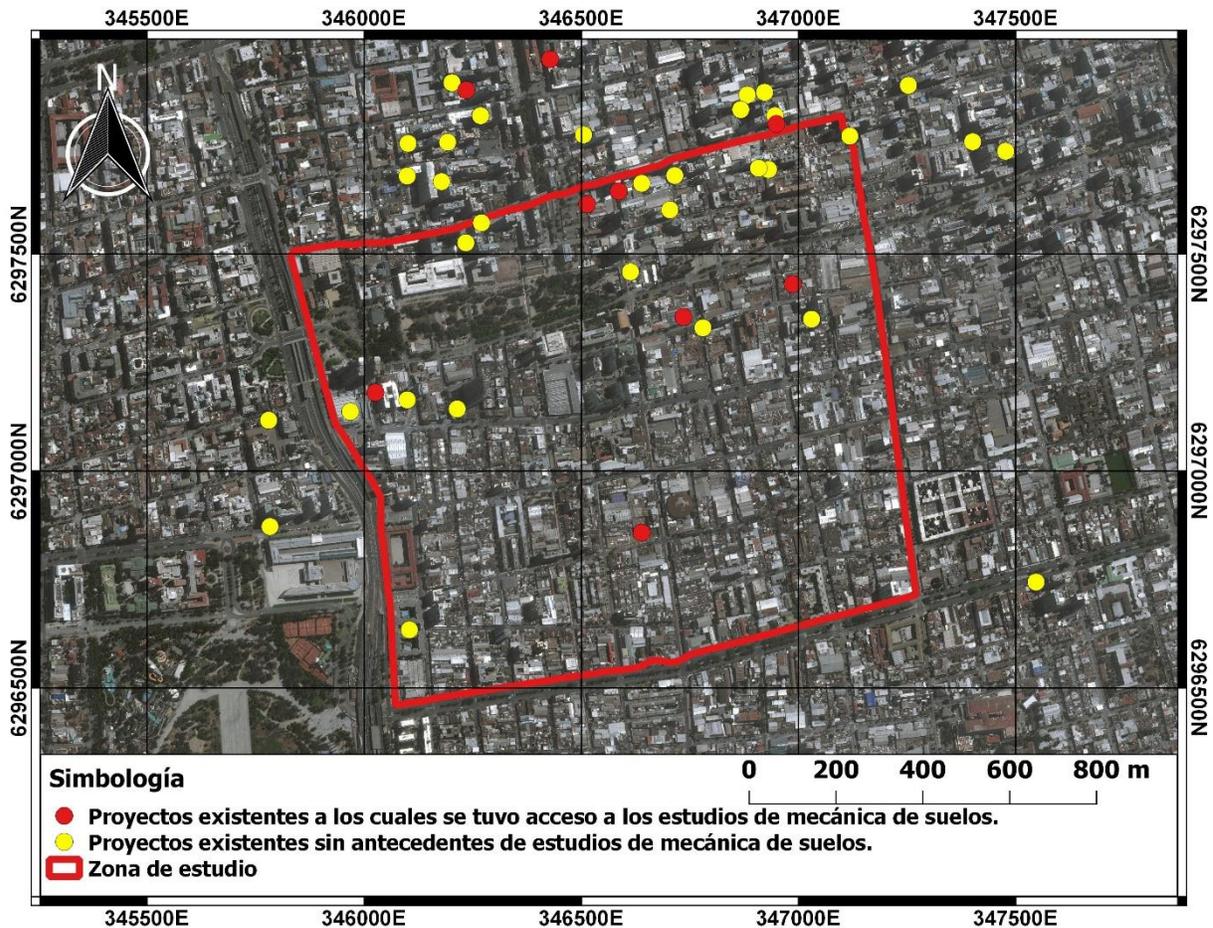
Lo anterior tiene como objetivo analizar los antecedentes existentes con el fin de visualizar la uniformidad del Suelo de Fundación del área de estudio, y recopilar datos técnicos que puedan ser útiles para el proyecto.

Cabe señalar que la información recabada en la recopilación permitirá, en conjunto con la ubicación de los proyectos, la necesidad de realizar nuevas calicatas para determinar las características del suelo en puntos de interés a definir.

#### **1.1.1.1 *Proyectos inmobiliarios analizados***

En la siguiente figura, se presenta un mapa de emplazamiento, donde se indica la ubicación de los proyectos ejecutados al interior del área de estudio (trazado en color rojo) y sus alrededores.

Figura 1-1: Plano de emplazamiento de los proyectos inmobiliarios ejecutados.



Fuente: <http://sea.gob.cl>

### 1.1.1.2 Proyecto: Edificio Plaza Cousiño

Los antecedentes del Proyecto “Edificio Plaza Cousiño” ubicado en “Dieciocho N°620” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “Ruz Vukasovic y Compañía Limitada” del año 2013.

- Napa Freática.No se detectó la Napa Freática en la profundidad de estudio, la cual fue hasta 8,50 m.
- Calicatas: Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutó una Calicata, la cual presentó 2 Estratos:

**Tabla 1-1: Descripción del estrato N° 1, calicata de proyecto Edificio Plaza Cousiño.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,80
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	80
<b>Estratigrafía</b>	Relleno compuesto de arcilla color café, humedad baja y compacidad baja. Presenta raíces y raicillas en contenido bajo y se observan restos de ladrillo y escombros.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-2: Descripción del estrato N° 2, calicata de proyecto Edificio Plaza Cousiño.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	0,80
<b>Cota Inferior [m]</b>	8,50
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	770
<b>Estratigrafía</b>	Grava de origen fluvial en matriz areno-arcillosa, humedad media y color café grisáceo a gris. Estrato de suelo de cementación baja y de compacidad media. Contiene clastos sanos de forma sub-angulosa de tamaño máximo de 4" y tamaño medio de 2", con 10% de bolones de tamaño máximo 7 a 8". No se observan raíces ni raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	GP - GC
<b>Ensayos realizados</b>	Infiltración Porchet

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.2.1 Resultados de ensayos

La permeabilidad del suelo obtenida mediante ensayos se expone en la siguiente tabla:

**Tabla 1-3: Permeabilidad en estrato N° 2, calicata de proyecto Edificio Plaza Cousiño.**

Calicata N°	1
Estrato N°	2
<b>INFILTRACIÓN PORCHET</b>	
Profundidad de Ensayo [m]	7,00
Capacidad de Infiltración [mm/hr]	76

Fuente: <http://sea.gob.cl>

### 1.1.1.3 Proyecto: Edificio San Diego – Coquimbo

Los antecedentes del Proyecto “Edificio San Diego - Coquimbo” ubicado en “Coquimbo N°1137” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “GEOCAV LTDA” del año 2014.

- Napa Freática. No se detectó la Napa Freática en la profundidad de estudio, la cual fue hasta 18,00 m.
- Calicatas. Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutaron 2 Calicatas, pero sólo se detallan antecedentes de una de ellas, por lo que se infiere que ambas presentaban similares características. La Calicata analizada presentó 3 Estratos:

**Tabla 1-4: Descripción del estrato N° 1, calicata de proyecto Edificio San Diego – Coquimbo.**

Calicata N°	1
Estrato N°	1
Cota Superior [m]	0,00
Cota Inferior [m]	1,70
Espesor de la Capa [cm]	170
Estratigrafía	Radier, base estabilizada y relleno de suelo matriz gravo arcillo limosa, color café claro, humedad media. Presenta trozos de ladrillos.
Clasificación USCS	Sin Clasificación
Ensayos realizados	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-5: Descripción del estrato N° 2, calicata de proyecto Edificio San Diego – Coquimbo.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	1,70
<b>Cota Inferior [m]</b>	3,70
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	200
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa con bolones de color gris, estructura homogénea, compacidad densa, humedad media. Presenta gravas y bolones de cantos subredondeados y subangulares de hasta 8" de tamaño máximo raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	GP
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-6: Descripción del estrato N° 3, calicata de proyecto Edificio San Diego – Coquimbo.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	3,70
<b>Cota Inferior [m]</b>	No Identificada
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	Mayor a 30 m
<b>Estratigrafía</b>	Grava areno arcillosa con bolones, de color café claro, humedad media, compacidad alta y estructura homogénea. Presenta gravas y bolones de cantos subredondeados y subangulares de hasta 7" de tamaño máximo.
<b>Clasificación USCS</b>	GP - GM
<b>Ensayos realizados</b>	Densidad en Terreno, Proctor Modificado, Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Infiltración Porchet

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.3.1 Resultados de ensayos

La permeabilidad del suelo obtenida mediante ensayos se expone en la siguiente tabla:

**Tabla 1-7: Permeabilidad en estrato N° 3, calicata de proyecto Edificio San Diego – Coquimbo.**

Calicata N°	1
Estrato N°	3
<b>INFILTRACIÓN PORCHET</b>	
Profundidad de Ensayo [m]	13,00
Capacidad de Infiltración [mm/hr]	150
<b>DENSIDAD EN TERRENO</b>	
Densidad Natural [gr/cm <sup>3</sup> ]	2,00
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	
Densidad Máxima Compactada Seca [gr/cm <sup>3</sup> ]	1,90
Humedad Óptima [%]	No Informado
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
Humedad Natural [%]	8,0
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	
Límite Líquido [%]	---
Límite Plástico [%]	---
Índice de Plasticidad [%]	NP

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.4 **Proyecto: Edificio Prat Corona**

Los antecedentes del Proyecto “Edificio Prat Corona” ubicado en “Arturo Prat N°553 al N°581 y Eyzaguirre N°1049” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “GEOSEISMIC” del año 2017.

- Napa Freática: Durante el estudio se detectaron la presencia de Napas Colgadas leves a 9,3 m y fuertes a 13,5 m. De acuerdo a antecedentes Geológicos, la Napa Freática debiera encontrarse aproximadamente a 50 m.
- Calicatas: Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutó una Calicata, la cual presentó 4 Estratos.

**Tabla 1-8: Descripción del estrato N° 1, calicata de proyecto Edificio Prat Corona.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	100
<b>Estratigrafía</b>	Relleno artificial, matriz grava arcillo arenosa, colo café, abundantes restos de ladrillos y escombros, radier de hormigón de 0,20 m, raíces y raicillas dispersas
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-9: Descripción del estrato N° 2, calicata de proyecto Edificio Prat Corona.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	1,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,50
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	50
<b>Estratigrafía</b>	Relleno artificial, matriz grava arcillosa, color café claro, restos de ladrillos y escombros, raíces y raicillas dispersas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-10: Descripción del estrato N° 3, calicata de proyecto Edificio Prat Corona.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	1,50
<b>Cota Inferior [m]</b>	5,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	350

<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa algo arcillosa, origen fluvial, color café, humedad baja, compacidad alta, tamaño máximo 8", cantos redondeados y subredondeados, bien graduada, finos de baja plasticidad, estructura homogénea. Algunos lentes de arenas gravosas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-11: Descripción del estrato N° 4, calicata de proyecto Edificio Prat Corona.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cota Superior [m]</b>	5,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	16,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	1100
<b>Estratigrafía</b>	Grava areno arcillosa, origen fluvial, color café, humedad media a alta con la profundidad, compacidad alta a muy alta, tamaño máximo 10", cantos redondeados y subredondeados, bien graduada, finos de baja plasticidad, estructura homogénea
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Infiltración Porchet, Densidad en Terreno mediante Cono de Arena

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.4.1 Resultados de Ensayos

La permeabilidad del suelo obtenida mediante ensayos se expone en la siguiente tabla:

**Tabla 1-12: Permeabilidad en estrato N° 4, calicata de proyecto Edificio Prat Corona.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	4
<b>INFILTRACIÓN PORCHET</b>	
<b>Profundidad de Ensayo [m]</b>	12,50
<b>Capacidad de Infiltración [mm/hr]</b>	16

<b>DENSIDAD EN TERRENO MEDIANTE CONO DE ARENA</b>	
<b>Profundidad de Ensayo [m]</b>	11,00
<b>Densidad Natural Húmeda [gr/cm<sup>3</sup>]</b>	2,00
<b>Densidad Natural Seca [gr/cm<sup>3</sup>]</b>	1,96

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.5 **Proyecto: Proyecto SFE**

Los antecedentes del Proyecto “Proyecto SFE” ubicado en “San Francisco N°560 al N°568” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “GEOFUN” del año 2016.

- Napa Freática. De acuerdo a antecedentes Geológicos, la Napa Freática debiera encontrarse aproximadamente a 55 m.
- Estratigrafía. En el estudio, de acuerdo con los resultados de las exploraciones realizadas en las cercanías del sitio, se distinguen principalmente 2 Estratos de suelos.

**Tabla 1-13: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto SFE.**

<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	100
<b>Estratigrafía</b>	Relleno artificial de matriz de arcilla arenosa con gravas aisladas, color café, humedad baja, consistencia dura, basuras y escombros dispersos, raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-14: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto SFE.**

<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	1,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	15,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	1.400

<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa algo arcillosa a grava areno arcillosa, color café, humedad baja a alta con la profundidad, compacidad alta, finos de baja plasticidad, tamaño máximo 9", cantos redondeados y subredondeados.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.6 Proyecto: Edificio Max San Diego

Los antecedentes del Proyecto "Edificio Max San Diego" ubicado en "San Diego N°310" han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa "R y V Ingenieros Asociados Ltda." del año 2011.

- Napa Freática. El estudio no presenta información respecto a la Napa Freática.
- Calicatas. Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutó una Calicata, la cual presentó 3 Estratos.

**Tabla 1-15: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Max San Diego.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,90
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	190
<b>Estratigrafía</b>	Arcillas de plasticidad media a baja, color café y plasticidad media
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-16: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Max San Diego.**

<b>Calicata N°</b>	1
--------------------	---

<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	1,90
<b>Cota Inferior [m]</b>	9,80
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	790
<b>Estratigrafía</b>	Grava natural de origen fluvial en matriz areno arcillosa a arenosa, humedad media y color café claro. Estrato de suelo de cementación baja y de compacidad media. Contiene clastos sanos de forma sub redondeada de tamaño máximo de 12".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-17: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Max San Diego.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	9,80
<b>Cota Inferior [m]</b>	15,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	520
<b>Estratigrafía</b>	Grava natural de origen fluvial en matriz areno arcillosa, humedad media y color café. Estrato de suelo de cementación baja y de compacidad media. Contiene clastos sanos de forma sub redondeada de tamaño máximo de 10".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Proyecto: Edificio Altamira**

Los antecedentes del Proyecto “Edificio Altamira” ubicado en “San Francisco N°285” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “GEOFUN Ltda.” del año 2011.

- Napa Freática. Durante la exploración del estudio, no se detectó la presencia de la Napa Freática. Sin embargo, de acuerdo a antecedentes Geológicos, la Napa Freática debiera encontrarse aproximadamente a 52 m.
- Calicatas. Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutó una Calicata, la cual presentó 3 Estratos.

**Tabla 1-18: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Altamira.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	2,20
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	220
<b>Estratigrafía</b>	Relleno artificial de arcilla de consistencia dura y grava de compacidad alta, de color café, humedad media, gravas de tamaño máximo 7”. Basuras y pedazos de ladrillo. A los 1,6 m de profundidad se detectó tubo de alcantarillado.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-19: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Altamira.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	2,20
<b>Cota Inferior [m]</b>	8,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	580
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa algo arcillosa de color café, humedad media, compacidad alta, finos de baja plasticidad, de cantos redondeados y subredondeados, de tamaño máximo 10”.

<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-20: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Altamira.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	8,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	12,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	400
<b>Estratigrafía</b>	Grava arcillosa de color café, humedad media a alta, compacidad alta, finos de baja plasticidad, de cantos redondeados y subredondeados, de tamaño máximo 10”.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.7 Proyecto: Edificio Tarapacá

Los antecedentes del Proyecto “Edificio Tarapacá” ubicado en “Tarapacá N°1349” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “GEOCAV LTDA” del año 2008.

- Napa Freática. Durante la exploración del estudio, no se detectó la presencia de la Napa Freática.
- Calicatas. Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutaron 4 Calicatas, las cuales presentaron hasta 5 Estratos.

**Tabla 1-21: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00

<b>Cota Inferior [m]</b>	0,20
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	20
<b>Estratigrafía</b>	Losa de Hormigón
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-22: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	0,20
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,50
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	130
<b>Estratigrafía</b>	Relleno matriz arcilla limosa, color café, consistencia media, humedad media, presenta abundantes trozos de ladrillos y adoquines de canteras de canto angulares, tamaño máximo 16" x 11", contiene raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-23: Descripción del estrato N° 5, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	5
<b>Cota Superior [m]</b>	6,20
<b>Cota Inferior [m]</b>	10,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Grava areno arcillosa, color café, humedad media, estructura homogénea, compacidad densa, presenta gravas y bolones de cantos sobredondeados y subangulares, tamaño máximo 4" x 6", clastos aislados de 16" x 19".
<b>Clasificación USCS</b>	GP

<b>Ensayos realizados</b>	Granulometría, Densidad de Partículas Sólidas, Límites de Atterberg, Infiltración Porchet.
---------------------------	--

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-24: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,07
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	7
<b>Estratigrafía</b>	Adoquín de hormigón en pared sur y norte.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-25: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	0,07
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,20
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	13
<b>Estratigrafía</b>	En pared sur y norte, base de grava arenosa, color café claro a gris, compacidad densa, humedad media, presenta gravas de cantos subangulares y angulares, tamaño máximo 1" x 2 ½".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-26: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	0,20

<b>Cota Inferior [m]</b>	0,35
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	15
<b>Estratigrafía</b>	Subbase de grava arenosa, color café claro a gris, humedad media, compacidad densa, presenta gravas de cantos subangulares y angulares, tamaño máximo 1" x 2 ½".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-27: Descripción del estrato N° 4, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cota Superior [m]</b>	0,35
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	65
<b>Estratigrafía</b>	Relleno matriz arcilla limosa, color café, humedad media, consistencia media, presenta gravas de cantos subredondeados y subangulares, tamaño máximo 2" x 3".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-28: Descripción del estrato N° 5, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	5
<b>Cota Superior [m]</b>	1,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,70
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Suelo natural, matriz arcilla limosa, color café, estructura migajón, consistencia media, humedad media, presenta gravas de cantos subredondeados y subangulares, tamaño máximo 2" x 2 ½".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-29: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	3
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,70
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	70
<b>Estratigrafía</b>	Relleno matriz arcilla limosa, color café, consistencia media, humedad media, presenta abundantes trozos de ladrillos y ladrillos enteros, trozos de hormigón pobre, botellas de aceite de motor, raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-30: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	3
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	0,70
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,60
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Suelo natural, matriz arcilla limosa, color café, estructura migajón, consistencia media, humedad media, presenta gravas aisladas de cantos subangulares y subredondeados, tamaño máximo 2" x 2 ½", contiene raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-31: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	4
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,07

<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	7
<b>Estratigrafía</b>	Adoquín de hormigón.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-32: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	4
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	0,07
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,20
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	13
<b>Estratigrafía</b>	Base de grava arenosa, color café claro a gris, compacidad densa, humedad media, presenta gravas de cantos subangulares y angulares, tamaño máximo 1" x 2 ½".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-33: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	4
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	0,20
<b>Cota Inferior [m]</b>	0,35
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	15
<b>Estratigrafía</b>	Subbase de grava arenosa, color café claro a gris, humedad media, compacidad densa, presenta gravas de cantos subangulares y angulares, tamaño máximo 1" x 2 ½".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-34: Descripción del estrato N° 4, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	4
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cota Superior [m]</b>	0,35
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	65
<b>Estratigrafía</b>	Relleno matriz arcilla limosa, color café, humedad media, consistencia media, presenta trozos de ladrillos, gravas de cantos subredondeados y subangulares, tamaño máximo 2" x 2 ½", contiene raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-35: Descripción del estrato N° 5, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	4
<b>Estrato N°</b>	5
<b>Cota Superior [m]</b>	1,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,50
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Suelo natural, matriz arcilla limosa, color café, estructura migajón, consistencia media, humedad media, presenta gravas aisladas de cantos subredondeados y subangulares, tamaño máximo 2" x 2 ½", contiene raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	CL
<b>Ensayos realizados</b>	Granulometría, Densidad de Partículas Sólidas, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, Razón de Soporte (CBR)

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-36: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	1
--------------------	---

<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	1,50
<b>Cota Inferior [m]</b>	2,10
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	60
<b>Estratigrafía</b>	Suelo natural, matriz grava arcillo arenosa, color café, estructura homogénea, compacidad densa, humedad media, presenta gravas y bolones de cantos subangulares y subredondeados, tamaño máximo 4" x 6", contiene raicillas
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-37: Descripción del estrato N° 4, calicata de Proyecto Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cota Superior [m]</b>	2,10
<b>Cota Inferior [m]</b>	6,20
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	410
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa, color café claro a gris, humedad media, estructura homogénea, compacidad densa, presenta gravas y bolones de cantos sobredondeados y subangulares, tamaño máximo 4" x 6", clastos aislados de 14" x 16".
<b>Clasificación USCS</b>	GW GP
<b>Ensayos realizados</b>	Granulometría, Densidad de Partículas Sólidas, Límites de Atterberg.

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.7.1 Resultados de Ensayos

**Tabla 1-38: Granulometría Calicata 1, Estrato 4, Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cotas de Ensayo [m]</b>	3,00 – 3,20      6,00 – 6,20

<b>GRANULOMETRÍA</b>			
<b>Sobretamaño [%]</b>		<b>0</b>	<b>31,6</b>
<b>Malla ASTM [plg]</b>	<b>Malla NCh [mm]</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>3</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>2 ½</b>	<b>63</b>	<b>95</b>	<b>96</b>
<b>2</b>	<b>50</b>	<b>89</b>	<b>92</b>
<b>1 ½</b>	<b>38</b>	<b>78</b>	<b>81</b>
<b>1</b>	<b>25</b>	<b>67</b>	<b>70</b>
<b>¾</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>63</b>
<b>3/8</b>	<b>10</b>	<b>44</b>	<b>49</b>
<b>N° 4</b>	<b>5</b>	<b>33</b>	<b>38</b>
<b>N° 10</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>34</b>
<b>N° 40</b>	<b>0,5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
<b>N° 200</b>	<b>0,08</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>DENSIDAD DE PARTÍCULAS SÓLIDAS</b>			
<b>Densidad de Partículas Sólidas &gt; 5mm</b> <b>[gr/cm<sup>3</sup>]</b>		<b>2,59</b>	<b>2,65</b>
<b>Densidad de Partículas Sólidas &lt; 5mm</b> <b>[gr/cm<sup>3</sup>]</b>		<b>2,71</b>	<b>2,68</b>
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>			
<b>Límite Líquido [%]</b>		<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Límite Plástico [%]</b>		<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Índice de Plasticidad [%]</b>		<b>NP</b>	<b>NP</b>

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-39: Granulometría Calicata 1, Estrato 5, Edificio Tarapacá.**

<b>Calicata N°</b>	<b>1</b>
--------------------	----------

Estrato N°		5
<b>INFILTRACIÓN PORCHET</b>		
Profundidad de Ensayo [m]		10,00
Capacidad de Infiltración [mm/hr]		114,2
<b>GRANULOMETRÍA</b>		
Sobretamaño [%]		30,9
<b>Malla ASTM [plg]</b>	<b>Malla NCh [mm]</b>	<b>% Que Pasa</b>
3	80	100
2 ½	63	96
2	50	87
1 ½	38	75
1	25	59
¾	20	53
3/8	10	42
N° 4	5	34
N° 10	2	25
N° 40	0,5	6
N° 200	0,08	3
<b>DENSIDAD DE PARTÍCULAS SÓLIDAS</b>		
Densidad de Partículas Sólidas Grueso [gr/cm <sup>3</sup> ]		2,70
Densidad de Partículas Sólidas Fino [gr/cm <sup>3</sup> ]		2,72
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>		
Límite Líquido [%]		---
Límite Plástico [%]		---
Índice de Plasticidad [%]		NP

Fuente: <http://sea.gob.cl>

Tabla 1-40: Granulometría Calicata 4, Estrato 5, Edificio Tarapacá.

Calicata N°		4
Estrato N°		5
<b>GRANULOMETRÍA</b>		
Sobretamaño [%]		0
<b>Malla ASTM [plg]</b>	<b>Malla NCh [mm]</b>	<b>% Que Pasa</b>
3	80	---
2 ½	63	---
2	50	---
1 ½	38	100
1	25	99
¾	20	98
3/8	10	97
N° 4	5	95
N° 10	2	93
N° 40	0,5	86
N° 200	0,08	71
<b>DENSIDAD DE PARTÍCULAS SÓLIDAS</b>		
Densidad de Partículas Sólidas Grueso [gr/cm <sup>3</sup> ]		---
Densidad de Partículas Sólidas Fino [gr/cm <sup>3</sup> ]		2,62
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>		
Límite Líquido [%]		37
Límite Plástico [%]		20
Índice de Plasticidad [%]		17
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>		

Densidad Máxima Compactada Seca [gr/cm <sup>3</sup> ]	1,87
Humedad Óptima [%]	11,2
<b>RAZÓN DE SOPORTE (CBR)</b>	
Hinchamiento [%]	
56 Golpes	2,4
25 Golpes	2,1
10 Golpes	2,2
CBR al 95% Proctor Modificado [%]	
2,5 mm	6
5,0 mm	7
7,5 mm	7

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.8 Proyecto: Edificio Zenteno

Los antecedentes del Proyecto “Edificio Zenteno” ubicado en “Zenteno N°130 - 161” han sido extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado por la empresa “Héctor Ventura & Asociados” del año 2004.

- Napa Freática

Durante la exploración del estudio, no se detectó la presencia de la Napa Freática.

- Calicatas

Para el análisis del Suelo, en el estudio se ejecutaron 2 Calicatas, las cuales presentaron hasta 6 Estratos.

**Tabla 1-41: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

Calicata N°	1
Estrato N°	1
Cota Superior [m]	0,00

<b>Cota Inferior [m]</b>	1,30
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	130
<b>Estratigrafía</b>	Entre las cotas 0,00 – 0,15 m, Losa de hormigón. Entre las cotas 0,15 – 1,30 m, Arcilla limosa de color café, humedad media. Se observan trozos de ladrillo y tejas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-42: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	1,30
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,90
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	60
<b>Estratigrafía</b>	Arcilla limosa de color café claro, humedad media, estructura vesicular, consistencia media. Presenta gravas aisladas de cantos sub-redondeados, tamaño máximo 1”.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-43: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	1,90
<b>Cota Inferior [m]</b>	2,50
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	60
<b>Estratigrafía</b>	Grava arena limosa de color café, humedad media, estructura homogénea, compacidad media. Las gravas presentan cantos sub-redondeados, tamaño máximo 2 ½” y bolones de tamaño máximo 4” x 5” en un 5% en volumen.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-44: Descripción del estrato N° 4, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cota Superior [m]</b>	2,50
<b>Cota Inferior [m]</b>	3,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	50
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa algo limosa de color café grisáceo, humedad media, estructura homogénea, compacidad media. Las gravas presentan cantos sub-redondeados, tamaño máximo 2 ½" y bolones de tamaño máximo 6" x 9" en un 5% en volumen. Se observan meteorizaciones.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-45: Descripción del estrato N° 5, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	5
<b>Cota Superior [m]</b>	3,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	7,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	400
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa de color gris, humedad media, estructura homogénea, compacidad media. Las gravas presentan cantos sub-redondeados, tamaño máximo 2 ½".
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-46: Descripción del estrato N° 6, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	6
<b>Cota Superior [m]</b>	7,00

<b>Cota Inferior [m]</b>	15,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Grava arena arcillosa de color café, humedad media a alta, estructura homogénea, compacidad media a alta. Presenta gravas de tamaño máximo 2 ½" y bolones de tamaño máximo 6" x 12" en un 10% en volumen. Se observan meteorizaciones aisladas.
<b>Clasificación USCS</b>	GW - GC
<b>Ensayos realizados</b>	Granulometría, Límites de Atterberg, Densidad de Partículas Sólidas, Materia Orgánica, Contenido de Humedad, Densidad en Terreno, Densidad Relativa.

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-47: Descripción del estrato N° 6, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	6
<b>Cota Superior [m]</b>	7,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	15,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Grava arena arcillosa de color café, humedad media a alta, estructura homogénea, compacidad media a alta. Presenta gravas de tamaño máximo 2 ½" y bolones de tamaño máximo 6" x 12" en un 10% en volumen. Se observan meteorizaciones aisladas.
<b>Clasificación USCS</b>	GW - GC
<b>Ensayos realizados</b>	Granulometría, Límites de Atterberg, Densidad de Partículas Sólidas, Materia Orgánica, Contenido de Humedad, Densidad en Terreno, Densidad Relativa.

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-48: Descripción del estrato N° 1, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	1
<b>Cota Superior [m]</b>	0,00
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,30

<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	130
<b>Estratigrafía</b>	Entre las cotas 0,00 – 0,15 m, Losa de hormigón. Entre las cotas 0,15 – 1,30 m, Arcilla limosa de color café, humedad media. Presenta gravas aisladas de tamaño máximo 2 ½”, raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-49: Descripción del estrato N° 2, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	2
<b>Cota Superior [m]</b>	1,30
<b>Cota Inferior [m]</b>	1,80
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	50
<b>Estratigrafía</b>	Arcilla limosa de color café, humedad media, estructura vesicular, consistencia media. Presenta gravas aisladas de tamaño máximo 1”, raíces y raicillas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-50: Descripción del estrato N° 3, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	3
<b>Cota Superior [m]</b>	1,80
<b>Cota Inferior [m]</b>	2,50
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	70
<b>Estratigrafía</b>	Grava arena limosa de color café, humedad media, estructura homogénea, compacidad media. Las gravas presentan cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 2 ½" y bolones de tamaño máximo 4" x 5" en un 5% en volumen. Se observan meteorizaciones aisladas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-51: Descripción del estrato N° 4, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	4
<b>Cota Superior [m]</b>	2,50
<b>Cota Inferior [m]</b>	3,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	50
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa algo limosa de color café grisáceo, humedad media, estructura homogénea, compacidad media. Las gravas presentan cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 2 ½" y bolones de tamaño máximo 4" x 5" en un 5% en volumen. Se observan raicillas aisladas.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

**Tabla 1-52: Descripción del estrato N° 5, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	2
<b>Estrato N°</b>	5
<b>Cota Superior [m]</b>	3,00

<b>Cota Inferior [m]</b>	6,00
<b>Espesor de la Capa [cm]</b>	No Identificado
<b>Estratigrafía</b>	Grava arenosa de color gris, humedad media, estructura homogénea, compacidad media. Las gravas presentan cantos subredondeados y redondeados, tamaño máximo 2 ½" y bolones de tamaño máximo 7" x 10" en un 10% en volumen.
<b>Clasificación USCS</b>	Sin Clasificación
<b>Ensayos realizados</b>	Sin Ensayos

Fuente: <http://sea.gob.cl>

#### 1.1.1.8.1 Resultados de Ensayos

**Tabla 1-53: Granulometría, Calicata 1, Estrato 6, calicata de Proyecto Edificio Zenteno.**

<b>Calicata N°</b>	1
<b>Estrato N°</b>	6
<b>GRANULOMETRÍA</b>	
<b>Sobretamaño [%]</b>	14,7

<b>Malla ASTM [plg]</b>	<b>Malla NCh [mm]</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>3</b>	<b>80</b>	<b>100</b>
<b>2 ½</b>	<b>63</b>	<b>97</b>
<b>2</b>	<b>50</b>	<b>84</b>
<b>1 ½</b>	<b>40</b>	<b>76</b>
<b>1</b>	<b>25</b>	<b>64</b>
<b>¾</b>	<b>20</b>	<b>57</b>
<b>3/8</b>	<b>10</b>	<b>44</b>
<b>N° 4</b>	<b>5</b>	<b>33</b>
<b>N° 10</b>	<b>2</b>	<b>27</b>
<b>N° 40</b>	<b>0,5</b>	<b>12</b>
<b>N° 200</b>	<b>0,08</b>	<b>7</b>
<b>DENSIDAD DE PARTÍCULAS SÓLIDAS</b>		
<b>Densidad de Partículas Sólidas Grueso [gr/cm<sup>3</sup>]</b>	<b>2,761</b>	
<b>Densidad de Partículas Sólidas Fino [gr/cm<sup>3</sup>]</b>	<b>2,708</b>	
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>		
<b>Límite Líquido [%]</b>	<b>34</b>	
<b>Límite Plástico [%]</b>	<b>20</b>	
<b>Índice de Plasticidad [%]</b>	<b>14</b>	
<b>MATERIA ORGÁNICA</b>		
<b>Contenido Orgánico</b>	<b>Sin Materia Orgánica</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
<b>Humedad Natural [%]</b>	<b>9,40</b>	
<b>DENSIDAD EN TERRENO</b>		

Profundidad de Ensayo [m]	10,20
Densidad Natural Húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2,406
Densidad Natural Seca [gr/cm <sup>3</sup> ]	2,199
<b>DENSIDAD RELATIVA</b>	
Densidad Máxima [gr/cm <sup>3</sup> ]	2,324
Densidad Mínima [gr/cm <sup>3</sup> ]	1,890
Densidad Relativa [%]	75

Fuente: <http://sea.gob.cl>

### 1.1.1.9 **Comentarios**

De acuerdo a los antecedentes registrados, se logra identificar que en el área de estudio existen 2 Estratos de Suelos principales. El primero se define como Capa Superficial, la cual se presenta como rellenos de arcilla (en algunos casos arcilla-limosa) con restos de escombros y materia orgánica, en ocasiones áridos gruesos aislados. El segundo se define como Capa de Fundación, la cual se presenta principalmente como Grava pobremente graduada, en ocasiones arcillosa y en otras limosa, con bolones de tamaños significativos.

De acuerdo a la composición de las Capas anteriormente mencionadas, se puede aseverar preliminarmente que la Capa Superficial se comporta como impermeable y la Capa de Fundación se presenta mayormente permeable. Lo anterior permite suponer que, para lograr el drenaje de las aguas lluvias, será necesario posicionar los SUDS a lo menos con una profundidad de 2,0 metros.

Los resultados de los ensayos de Infiltración Porchet son poco fiables, dado que solo se conocen 4 datos, los cuales son bastante dispersos entre sí. Sin embargo serán útiles para esquematizar un perfil preliminar.

Para los SUDS destinados a nutrir la Napa Freática, se debe considerar que el agua lluvia deberá drenar a lo menos por 50 metros de profundidad, por lo cual será clave la capacidad de Infiltración intrínseca de su emplazamiento para lograr optimizar el sistema.

## 1.1.2 Estudio Topográfico

Tomando en cuenta que la definición de puntos potenciales para implementar soluciones de drenaje sustentable aún se encuentra en desarrollo, aún no ha sido posible establecer zonas para realizar levantamientos topográficos.

Una vez queden definidos los puntos definitivos de intervención potencial con soluciones de drenaje, se realizará un levantamiento que permita caracterizar aspectos relevantes de pendiente y diferencias de cota.

Cabe señalar que, en una primera instancia, se revisaron modelos digitales de terreno de la zona de estudio, con la finalidad de conocer el patrón de drenaje de la zona. Sin embargo, los modelos digitales de terreno disponibles (ASTER, SRTM, ALOS-PALSAR) no presentaron resoluciones adecuadas. En el mejor de los casos, la resolución en planta de la grilla topográfica no supera los 12,5 m de resolución.

## 1.1.3 Estudio Hidrológico

En el presente documento, se exponen los criterios técnicos, la estadística y los resultados del análisis hidrológico, cuya finalidad es obtener tormentas de diseño y determinar caudales máximos de escorrentía, necesarios para realizar el diseño de las obras tipo de drenaje urbano sustentable.

La estadística necesaria para realizar el estudio se obtiene desde el sitio web de la Dirección General de Aguas (en adelante, DGA).

### 1.1.3.1 *Metodología*

La metodología empleada en la elaboración del presente capítulo se divide en tres etapas: la primera, consiste en recolectar y revisar antecedentes pluviométricos y cartografía de la zona de interés disponible, además de observar en terreno el área de estudio en la cual se emplazarán los proyectos considerados.

Luego, en una segunda etapa, se definen los procedimientos estadísticos para tratar la información de pluviometría, de manera de exponer los criterios hidrológicos utilizados para obtener precipitaciones, intensidades y caudales de diseño.

Finalmente, se estudian los antecedentes pluviométricos mediante análisis estadístico y se procede con la caracterización hidrológica, de acuerdo con los métodos establecidos en el capítulo 3 del Manual de Carreteras 2018, considerando además los escenarios de diseño para soluciones de drenaje sostenible establecidas en el Manual de Drenaje Urbano de la DOH.

### 1.1.3.2 **Información básica y antecedentes disponibles**

Tomando en consideración el polígono que delimita la zona de interés, existen varias estaciones pluviométricas cercanas que poseen una extensión estadística apropiada. Las estaciones son operadas por la Dirección General de Aguas (DGA), dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP). En la Tabla 1-54 se muestra un listado de las estaciones pluviométricas revisadas, junto con sus coordenadas geográficas. Además, se muestra en Figura 1-2 la ubicación de estas estaciones en el territorio.

**Tabla 1-54: Estaciones pluviométricas DGA cercanas al área de estudio.**

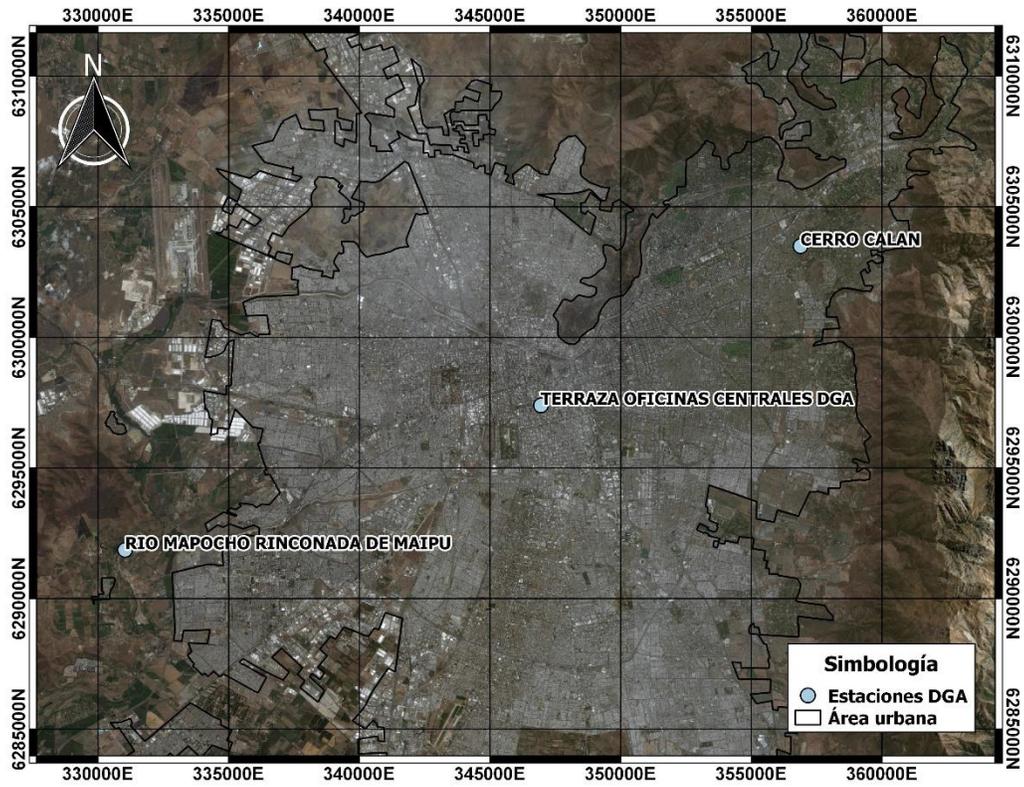
Código BNA	Nombre	Estado	Este UTM (m)	Norte UTM (m)
05737002-5	Río Mapocho Rinconada de Maipú	Vigente	331.031	6.291.857
05730012-4	Cerro Calán	Vigente	356.880	6.303.490
05730016-7	Terraza Oficinas Centrales DGA	Vigente	346.948	6.297.392

Fuente: Red meteorológica DGA.

Sin embargo, sólo la estación “Terraza Oficinas Centrales DGA” se encuentra ubicada dentro del área de estudio específica definida por el proyecto (ver Figura 1-3), por tal motivo, sólo se considera la información de referencia de esta estación, tomando en cuenta además que dada la lejanía de las restantes, se puede suponer que el área no se ve influenciada de manera significativa por las mismas.

La estación “Terraza Oficinas Centrales DGA” cuenta con series de precipitaciones máximas anuales en 24 horas, las que serán utilizadas en el análisis de frecuencia y la caracterización hidrológica. Además, como esta estación opera desde el 01/01/1960, posee información estadística con una extensión mayor a 40 años, lo que permite garantizar una buena representatividad.

Figura 1-2: Estaciones pluviométricas DGA cercanas al área de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earthm

Figura 1-3: Estación pluviométrica “Terraza Oficinas Centrales DGA” en el la zona de interés.



Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.3.3 *Procedimientos y criterios considerados*

Los procesos hidrológicos, desde el punto de vista de la ingeniería, evolucionan en el tiempo y el espacio de manera parcialmente determinística y parcialmente probabilística. Los procesos de este tipo se definen con el nombre de procesos estocásticos y, por tanto, pueden ser tratados como variables aleatorias (Chow et al. 1994).

Este tipo de tratamiento es adecuado para observaciones de eventos hidrológicos extremos y para información promediada a lo largo de intervalos de tiempo extensos.

El diseño y estudio de obras hidráulicas requiere interpretar estadísticas históricas en términos de probabilidad de ocurrencia de los eventos, de manera de estimar la probabilidad de que una obra falle, además de cuantificar adecuadamente las magnitudes de diseño.

### 1.1.3.3.1 Análisis probabilístico

Por variable aleatoria  $X$ , debe entenderse como una variable descrita por una función de probabilidad, que determina la posibilidad de que una observación  $x$  quede contenida en un rango definido de  $X$  (Chow et al. 1994).

Se denomina muestra al conjunto de observaciones  $x_1, x_2, \dots, x_n$  de la variable aleatoria, las que son extraídas de un población infinita hipotética que posee propiedades estadísticas constantes, mientras que las propiedades de una muestra pueden variar desde una muestra a otra. El conjunto de todas las muestras posibles que pueden extraerse de una población se denomina espacio muestral, en el cual un evento es un subconjunto cuya probabilidad puede estimarse. (Chow et al. 1994).

Si las observaciones de una muestra están distribuidas de forma idéntica, estas pueden ordenarse para elaborar un histograma de frecuencia.

Se conoce como frecuencia relativa al resultado de dividir todas las observaciones  $n_i$  en el intervalo  $i$ , enmarcadas en un rango definido, por el número total de observaciones  $n$ . La expresión que define a la frecuencia relativa se expone en la siguiente ecuación:

$$f_s(x_i) = \frac{n_i}{n} \quad \mathbf{1-1}$$

Si se suman los valores de la frecuencia relativa hasta un punto dado, se obtiene la frecuencia acumulada:

$$F_s(x_i) = \sum_{k=1}^i f(x_k) \quad \mathbf{1-2}$$

Cuando  $n \rightarrow \infty$  y  $\Delta x \rightarrow 0$ , la frecuencia relativa dividida por el intervalo  $\Delta x$  se convierte en a función de densidad de probabilidad  $f(x)$ :

$$f(x) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta x \rightarrow 0}} \frac{f_s(x)}{\Delta x} \quad \mathbf{1-3}$$

De acuerdo con lo anterior, la frecuencia acumulada se convierte en la función de distribución de probabilidad:

$$F(x) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta x \rightarrow 0}} F_s(x) \quad \mathbf{1-4}$$

Si se conoce la función de distribución de probabilidad, se puede obtener la probabilidad de ocurrencia o excedencia de una magnitud dada de un evento hidrológico.

Por probabilidad de excedencia entiéndase como la probabilidad de que un evento definido, por ejemplo una precipitación definida, sea igualado o excedido.

Otro concepto a tener en cuenta en el análisis estadístico de eventos hidrológicos es el denominado Periodo de Retorno ( $T$ ), que se define como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. Generalmente el periodo de retorno se mide en años.

La probabilidad de excedencia se relaciona con el periodo de retorno mediante la siguiente expresión:

$$p_{exc} = P(X > x) = \frac{1}{T} \quad \mathbf{1-5}$$

Donde:

$p_{exc}$ : Probabilidad de excedencia (-).

$T$ : Periodo de retorno (años).

Finalmente, para determinar la probabilidad de que la variable aleatoria sea inferior o igual a un valor dado, se debe recurrir a la función de distribución de probabilidad  $F(X)$  que se define como sigue:

$$P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(u) du = F(X) = 1 - \frac{1}{T} \quad \mathbf{1-6}$$

### 1.1.3.3.2 *Parámetros estadísticos*

Los parámetros estadísticos se determinan para resumir las características de una muestra, y son característicos de una población en particular.

Estos parámetros se calculan para cuantificar la posición, dispersión y asimetría de los datos de la muestra. Los parámetros utilizados con frecuencia en análisis estadísticos, se describen a continuación:

**Promedio o media.** Es una medida de la tendencia central de una distribución de datos, y se determina mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \mathbf{1-7}$$

Donde:

$\bar{x}$ : Promedio de la muestra.

$n$ : Número de datos de la muestra.

**Desviación estándar.** Permite cuantificar la variabilidad de los datos con respecto al promedio de los mismos, y se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \mathbf{1-8}$$

Donde:

$s$ : Desviación estándar de la muestra.

$\bar{x}$ : Promedio de la muestra.

$n$ : Número de datos de la muestra.

**Coefficiente de asimetría.** Permite establecer el grado de simetría/asimetría que presenta una distribución de probabilidad de una variable aleatoria:

$$C_s = \frac{n \int_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad \mathbf{1-9}$$

Donde:

$C_s$ : Coeficiente de asimetría.

$s$ : Desviación estándar de la muestra.

$\bar{x}$ : Promedio de la muestra.

$n$ : Número de datos de la muestra.

### 1.1.3.3.3 *Funciones de distribución consideradas*

Teniendo la estadística de precipitaciones de una estación pluviométrica, es posible ajustar a los datos de la misma una función de distribución de probabilidad, con la finalidad de determinar la probabilidad de la ocurrencia de un evento, en este caso, la precipitación máxima en 24 horas asociada a un periodo de retorno predefinido.

En este estudio, se utilizan cinco (5) funciones de distribución de probabilidad usadas típicamente en hidrología: distribución Normal, distribución Log-Normal, distribución Gumbel, distribución Pearson Tipo III y distribución Log-Pearson Tipo III.

#### 1.1.3.3.3.1 Función de distribución Normal

Su función de densidad de probabilidad se define como sigue:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2} \quad -\infty < x < \infty \quad \mathbf{1-10}$$

Donde:

$\mu_x$ : Media aritmética que, para muestras discreta, se puede aproximar a  $\bar{x}$ .

$\sigma_x$ : Desviación estándar que, para muestras discretas, se puede aproximar a  $s$ .

Esta función no es integrable analíticamente, y se encuentra tabulada para la variable normalizada  $z$ :

$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \quad -\infty < z < \infty \quad \mathbf{1-11}$$

Realizando la sustitución con el cambio de variable realizado, la función de densidad de probabilidad queda como sigue:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{1}{2}z^2} \quad -\infty < z < \infty \quad \mathbf{1-12}$$

Finalmente, integrando la ecuación anterior, se obtiene la función de distribución de probabilidad normal estándar:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad -\infty < z < \infty \quad \mathbf{1-13}$$

Donde  $u$  es una variable de integración auxiliar.

#### 1.1.3.3.2 Función de distribución Log-Normal

Esta función se caracteriza por poseer, en gran parte, las mismas definiciones de la distribución Normal, con la diferencia de que sus parámetros se determinan con los logaritmos de la variable aleatoria. Así, la nueva variable aleatoria queda como sigue:

$$Y = \ln(X) \quad 0 < x < \infty \quad \mathbf{1-14}$$

Considerando lo anterior, la función de densidad de probabilidad se define como sigue:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} \quad -\infty < y < \infty \quad \mathbf{1-15}$$

Donde:

$\mu_y$ : Media aritmética que, para muestras discreta, se puede aproximar a  $\bar{y}$ .

$\sigma_y$ : Desviación estándar que, para muestras discretas, se puede aproximar a  $s_y$ .

Los parámetros de esta función se determinan como sigue:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \qquad s_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \bar{y})^2 \qquad \mathbf{1-16}$$

Al igual que la distribución Normal, la función se encuentra tabulada para la variable normalizada  $z$ :

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \qquad -\infty < z < \infty \qquad \mathbf{1-17}$$

Realizando la sustitución con el cambio de variable realizado, la función de densidad de probabilidad queda como sigue:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}z^2} \qquad -\infty \leq z \leq \infty \qquad \mathbf{1-18}$$

Finalmente, integrando la ecuación anterior, se obtiene la función de distribución de probabilidad normal estándar:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2}u^2} du \qquad -\infty \leq z \leq \infty \qquad \mathbf{1-19}$$

Donde  $u$  es una variable de integración auxiliar.

#### 1.1.3.3.3 Función de distribución Gumbel

La función de distribución de probabilidad de Gumbel posee la siguiente:

$$F(y) = e^{-e^{-y}} \qquad \mathbf{1-20}$$

Donde  $y$  representa a la variable reducida, que se relaciona con la variable aleatoria mediante la siguiente expresión:

$$y = a(x - x_f)$$

1-21

Cuando se trabaja con un número finito de muestras  $M$ , las constantes teóricas deben reemplazarse por los valores de la variable reducida:

$$a = \frac{\sigma_m}{\sigma_x} \quad x_f = \mu - \frac{y_m}{\sigma_m} \sigma_x \quad 1-22$$

Donde  $\mu$  y  $\sigma_x$  corresponden al promedio  $\bar{x}$  y a la desviación estándar  $s$  de los datos analizados, respectivamente. Por otra parte, los parámetros  $\sigma_m$  y  $y_m$  se obtienen de la siguiente tabla, de acuerdo con el número de años de estadística disponible:

**Tabla 1-55: Parámetros para la distribución de Gumbel, según cantidad de datos.**

n	$\mu_y$	$\sigma_y$	n	$\mu_y$	$\sigma_y$
1	0,3665	0,0000	35	0,5403	1,1285
2	0,4043	0,4984	36	0,5410	1,1313
3	0,4286	0,6435	37	0,5418	1,1339
4	0,4458	0,7315	38	0,5424	1,1363
5	0,4690	0,7928	39	0,5430	1,1388
6	0,4773	0,8388	40	0,5436	1,1413
7	0,4843	0,8749	41	0,5442	1,1436
8	0,4902	0,9043	42	0,5448	1,1458
9	0,4952	0,9288	43	0,5453	1,1480
10	0,4967	0,9496	44	0,5458	1,1499
11	0,4996	0,9676	45	0,5463	1,1519
12	0,5039	0,9833	46	0,5468	1,1538
13	0,5070	0,9971	47	0,5473	1,1557
14	0,5100	1,0095	48	0,5477	1,1574
15	0,5128	1,0206	49	0,5481	1,1590
16	0,5154	1,0306	50	0,5485	1,1607
17	0,5176	1,0396	51	0,5489	1,1623
18	0,5198	1,0481	52	0,5493	1,1638
19	0,5202	1,0544	53	0,5497	1,1658
20	0,5236	1,0628	54	0,5501	1,1667

n	$\mu_y$	$\sigma_y$	n	$\mu_y$	$\sigma_y$
21	0,5252	1,0696	55	0,5504	1,1681
22	0,5268	1,0754	56	0,5508	1,6960
23	0,5283	1,0811	57	0,5511	1,1708
24	0,5296	1,0864	58	0,5515	1,1721
25	0,5309	1,0915	59	0,5518	1,1734
26	0,5320	1,0961	60	0,5521	1,1747
27	0,5332	1,1004	65	0,5535	1,1803
28	0,5343	1,1047	70	0,5548	1,1854
29	0,5353	1,1086	75	0,5559	1,1898
30	0,5362	1,1124	80	0,5569	1,1938
31	0,5371	1,1159	85	0,5578	1,1973
32	0,5380	1,1193	90	0,5586	1,2007
33	0,5388	1,1226	95	0,5593	1,2038
34	0,5396	1,1255	100	0,5600	1,2065

Fuente: Tabla 9.6, Aparicio Mijares, 1989.

Luego, se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{y - y_m}{\sigma_m} = \frac{x - \bar{x}}{s_x} \quad \mathbf{1-23}$$

#### 1.1.3.3.4 Función de distribución Pearson Tipo III

Esta distribución, se caracteriza por poseer tres (3) parámetros que la definen:  $\lambda$ ,  $\beta$  y  $\epsilon$ , los cuales pueden estimarse recurriendo a la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría.

La función de distribución de probabilidad se define de la siguiente manera:

$$F(u) = \int_0^x \frac{\lambda^\beta (u-\epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(u-\epsilon)}}{\Gamma(\beta)} \quad x \geq \epsilon \quad \mathbf{1-24}$$

Donde  $u$  es una variable de integración auxiliar.

Para esta función, los parámetros se obtienen aplicando las siguientes expresiones:

$$\lambda = \frac{s_x}{\sqrt{\beta}} \quad \mathbf{1-25}$$

$$\beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2 \quad \mathbf{1-26}$$

$$\epsilon = \bar{x} - s_x\sqrt{\beta} \quad \mathbf{1-27}$$

Esta distribución se aplicó por primera vez en la hidrolgía por Foster (1924), para describir la distribución de la probabilidad de picos de crecientes máximos anuales (Chow et al. 1994).

#### 1.1.3.3.3.5 Función de distribución Log-Pearson Tipo III

Esta distribución, al igual que la distribución de Pearson Tipo III, se caracteriza por poseer tres (3) parámetros que la definen:  $\lambda$ ,  $\beta$  y  $\epsilon$ , los cuales pueden estimarse recurriendo a la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría. Las medidas de tendencia central, desviación y asimetría se determinan con los logaritmos de los datos.

La localización del límite  $\epsilon$  en la distribución log-Pearson Tipo III depende de la simetría de la información. Si esta tiene asimetría positiva, entonces  $\log(X) \geq \epsilon$  y  $\epsilon$  es un límite inferior, mientras que si la información tiene asimetría negativa,  $\log(X) \leq \epsilon$  y  $\epsilon$  es límite superior (Chow et al. 1994).

Para esta distribución, la función de densidad de probabilidad se define como sigue:

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y-\epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{x\Gamma(\beta)} \quad y = \log x \geq \epsilon \quad \mathbf{1-28}$$

Para esta función, los parámetros se obtienen aplicando las siguientes expresiones:

$$\lambda = \frac{s_y}{\sqrt{\beta}} \quad \mathbf{1-29}$$

$$\beta = \left( \frac{2}{C_s(y)} \right)^2 \quad \mathbf{1-30}$$

$$\epsilon = \bar{y} - s_y \sqrt{\beta} \quad \mathbf{1-31}$$

#### 1.1.3.3.4 Prueba de bondad de ajuste

El resultado de un análisis de frecuencia realizado a una misma serie de datos, será distinto dependiendo de la función de densidad de frecuencia que se adopte como la más apropiada. Por tanto, se hace necesario un criterio objetivo para establecer qué distribución teórica es la que mejor se ajusta a los datos.

Para determinar aquella función de densidad de frecuencia que mejor representa la forma del histograma normalizado de la muestra, se realiza una prueba de bondad de ajuste. El test empleado se denomina Chi-cuadrado.

Este método es aplicable cuando los valores muestrales puedan clasificarse en clases y compara los valores teóricos (esperados) y muestrales de la función de frecuencia relativa. El estadístico de prueba es el siguiente:

$$\chi_c^2 = \int_{i=1}^m \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \quad \mathbf{1-32}$$

Donde:

$m$ : Número de intervalos de la muestra.

$n_i$ : Frecuencia absoluta del intervalo.

$e_i$ : Frecuencia esperada del intervalo.

En este caso, el número de intervalos se determina aplicando la regla de Sturges (1926):

$$m = 1 + \log_2(N) \quad \mathbf{1-33}$$

Donde:

$N$ : Número de datos.

El valor  $m$  es común redondearlo; si el entero del resultado previo al redondeo es "par" se redondea a la alta y si el entero es "impar" se redondea a la baja.

La hipótesis nula es que la distribución propuesta se ajusta adecuadamente a la información. Se rechaza la hipótesis si:

$$\chi_c^2 > \chi_{v,1-\alpha}^2 \quad \mathbf{1-34}$$

Dónde:

$v$ : Grados de libertad de la distribución.

$\alpha$ : Probabilidad de excedencia.

Para determinar los grados de libertad  $v$  de la distribución, se recurre a la siguiente ecuación:

$$v = m - p - 1 \quad \mathbf{1-35}$$

Dónde:

$p$ : Número de parámetros de la distribución.

La probabilidad de excedencia se establece típicamente con un valor de  $\alpha = 0,05$ , lo que implica que el nivel de confianza es de un 95%.

La aplicación de este test presenta una restricción. Como máximo, un 20 % de las frecuencias esperadas pueden ser menores a 5:

$$e_i \geq 5$$

1-36

Si no se cumple con la condición, se deben agrupar clases, o bien, utilizar la corrección de continuidad de Yates:

$$\chi_c^2 = \int_{i=1}^m \frac{(|n_i - e_i| - 0,5)^2}{e_i} \quad 1-37$$

Es recomendable que el número de intervalos en que se ordene la muestra sea mayor a 5.

#### 1.1.3.3.5 Obtención de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Para el cálculo de los caudales de diseño, es necesario obtener primeramente una intensidad de precipitación, que se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la profundidad por unidad de tiempo (mm/hr) (Ven Te Chow). La intensidad de precipitación se determina mediante la expresión siguiente:

$$I_t = \frac{P_t}{t} \quad 1-38$$

Donde:

$I_t$ : Intensidad correspondiente a una precipitación de duración  $t$  horas (mm/hr).

$P_t$ : Precipitación de duración  $t$  horas (mm).

$t$ : Duración de la tormenta de diseño (horas).

Conocida la lluvia máxima en 24 horas, se debe recurrir a los coeficientes de duración (CD), presentados en la Tabla 1-56, para determinar  $P_t$ . El coeficiente de duración se define como la razón entre la lluvia caída en una duración determinada y la lluvia caída en 24 horas, ambas para la misma frecuencia. En este caso, se emplearon los valores correspondientes al promedio de las estaciones de Santiago - Quinta Normal y Santiago - San Joaquín.

**Tabla 1-56: Coeficientes de duración para estaciones de Santiago, para T = 10 años.**

Duración (horas)	Coeficientes de duración (CD)		
	Santiago - Qta. Normal	Santiago - San Joaquín	Promedio
1	0,14	0,15	0,15
2	0,23	0,24	0,24
4	0,38	0,38	0,38
6	0,51	0,51	0,51
8	0,63	0,60	0,62
10	0,70	0,69	0,70
12	0,77	0,70	0,74
14	0,82	0,80	0,81
18	0,90	0,91	0,91
24	1,00	1,00	1,00

Fuente: Tabla 3.702.403A Manual de Carreteras año 2018.

Para la obtención de las curvas IDF, se utiliza la metodología que contempla el capítulo 3.702.403 A del Manual de Carreteras 2018. Esta metodología, se realiza mediante la siguiente expresión, propuesta por Varas y Sánchez:

$$P_t^T = K \cdot CD_t \cdot P_{24}^T \quad \mathbf{1-39}$$

Donde:

$P_t$ : Precipitación para una duración  $t$ , con período de retorno T (mm).

$P_{24}^T$ : Precipitación para una duración 24 horas, con período de retorno T años (mm).

$CD_t$ : Coeficiente de duración, para una duración  $t$ .

$K$ : Coeficiente de corrección para la lluvia  $P_{24}$  medida entre 8 AM y 8 AM respecto de las 24 horas más lluviosas de la tormenta, para el que se ha adoptado un valor de  $K = 1,1$ .

Para determinar las lluvias asociadas entre 5 minutos y 1 hora, se utiliza la expresión propuesta por Bell:

$$P_t^T = K \cdot (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,5) \cdot CD_1 \cdot P_{24}^T \quad \mathbf{1-40}$$

Donde:

$P_t^T$ : Precipitación para una duración  $t$  en minutos, con período de retorno  $T$ , entre 5 minutos y 1 hora (mm).

$t$ : Duración de la lluvia (minutos).

$P_{24}^T$ : Precipitación para una duración de 24 horas, con período de retorno  $T$  años. Para  $T = 10$  años (mm).

$CD_1$ : Coeficiente de duración, para una duración  $t$  (-).

Finalmente, las curvas IDF se ajustan a ecuaciones potenciales que poseen la siguiente estructura:

$$I = K \cdot d^e \quad \mathbf{1-41}$$

Donde  $K$  es una constante de ajuste y  $e$  representa al exponente de la curva potencial ajustada.

### 1.1.3.3.6 Caudales de diseño

#### 1.1.3.3.6.1 Método Racional

Para determinar los caudales de escorrentía superficial en zonas urbanas, se recurre al denominado Método Racional, el que puede utilizarse en cuencas menores a 25 km<sup>2</sup>. Supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída, supuesto que se cumple en forma más rigurosa en cuencas mayoritariamente impermeables o en la medida que la magnitud de la lluvia crece y el área aportante se satura (Manual de Carreteras, 2018). El caudal máximo para un periodo de retorno determinado, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \quad \mathbf{1-42}$$

Donde:

$Q$ : Caudal en (m<sup>3</sup>/s).

$C$ : Coeficiente de escurrimiento.

$A$ : Área aportante (km<sup>2</sup>).

$I$ : Intensidad de precipitación de diseño (mm/hr).

La intensidad de precipitación de diseño corresponde a aquella de duración igual al tiempo de concentración del área y la frecuencia o periodo de retorno seleccionado para el diseño de la obra en cuestión. El tiempo de concentración del área se define como el tiempo necesario para que la partícula de agua hidráulicamente más alejada alcance la salida y puede estimarse por fórmulas empíricas aproximadas (Manual de Carreteras, 2018).

El coeficiente de escorrentía depende de las condiciones del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración y otros factores. Se recurre al uso de tablas que entregan rangos de valores y criterios para su estimación (ver Tabla 1-57).

**Tabla 1-57: Coeficientes de escorrentía (C).**

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Coeficiente de escurrimiento</b>
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40

Fuente: Tabla 3.702.503.A, Manual de Carreteras (2018).

En las Tabla 1-59 se proponen ecuaciones empíricas para determinar los tiempos de concentración para áreas planas. Se debe tener en consideración que, como norma general, el tiempo de concentración

no debe ser inferior a 10 minutos, salvo que se tengan mediciones en terreno que justifiquen adoptar valores menores.

**Tabla 1-58: Tiempos de concentración para áreas planas (Tc).**

Autor	Expresión	Observaciones
Federal Aviation Agency (1970)	$T_c = 3,26 (1,1-C) L^{0,5} / (100S)^{0,33}$	Aeropuertos
Izzard (1946)	$T_c = 525,28 (0,0000276i + C) L_s^{0,33} / (i^{0,667} S^{0,333})^{(1)}$	Experimentos de laboratorio
Morgali y Linsley (1965)	$T_c = 7 L_s^{0,6} n^{0,6} / (i^{0,4} S^{0,3})^{(1)}$	Flujo superficial

Fuente: Tabla 3.702.501.B, Manual de Carreteras (2018).

### 1.1.3.4 **Resultados de análisis**

Para el estudio de precipitaciones, se cuenta con los registros de precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación pluviométrica “Terraza Oficinas Centrales DGA”, la que se ha considerado como representativa, por su ubicación y extensión de datos.

#### 1.1.3.4.1 *Registros pluviométricos*

Se dispone de las series de precipitaciones máximas en 24 horas, en la estación pluviométrica seleccionada (1978-2017), siendo la más representativa por encontrarse en el interior del polígono del área de interés, y por la longitud de sus registros. En la Tabla N° 1.2 se presentan las series de precipitaciones máximas en 24 horas para la estación indicada.

**Tabla 1-59: Datos pluviométricos estación pluviométrica Terraza Oficinas Centrales DGA.**

N°	Año	Fecha	Precipitación máxima en 24 hrs. (mm)
1	1978	16/11	49,8
2	1979	25/07	54,2
3	1980	18/07	34,8
4	1981	30/05	85,7
5	1982	26/06	58,3
6	1983	18/06	45,4
7	1984	04/07	69,7

<b>N°</b>	<b>Año</b>	<b>Fecha</b>	<b>Precipitación máxima en 24 hrs. (mm)</b>
8	1985	31/03	26,3
9	1986	15/06	44,5
10	1987	11/08	86,0
11	1988	18/08	20,3
12	1989	29/04	39,5
13	1990	30/08	53,0
14	1991	19/07	39,0
15	1992	05/06	46,9
16	1993	14/04	34,4
17	1994	22/05	27,0
18	1995	13/08	29,4
19	1996	02/04	40,1
20	1997	16/08	58,0
21	1998	26/04	19,3
22	1999	07/09	32,7
23	2000	13/06	67,6
24	2001	18/07	58,0
25	2002	03/06	109,4
26	2003	20/05	55,5
27	2004	12/11	46,2
28	2005	27/06	62,3
29	2006	07/06	62,5
30	2007	13/06	29,1
31	2008	15/08	77,7
32	2009	06/09	20,0
33	2010	07/11	44,0
34	2011	29/06	17,5
35	2012	06/10	22,6
36	2013	27/05	34,3
37	2014	23/08	27,9
38	2015	06/08	45,5
39	2016	16/04	41,0

N°	Año	Fecha	Precipitación máxima en 24 hrs. (mm)
40	2017	16/06	52,9

Fuente: Red meteorológica DGA.

#### 1.1.3.4.2 Análisis de frecuencias y bondad de ajuste

Para la obtención de la precipitación de diseño, se aplica sobre el registro de precipitaciones las funciones de distribución descritas en el capítulo 1.1.3.3, que corresponden a los métodos más utilizados en estudios hidrológicos en nuestro país.

En la Tabla 1-60 se resumen los resultados del análisis de frecuencia recurriendo a la distribución Normal, distribución Log-Normal, distribución Pearson, distribución Log-Pearson y distribución Gumbel.

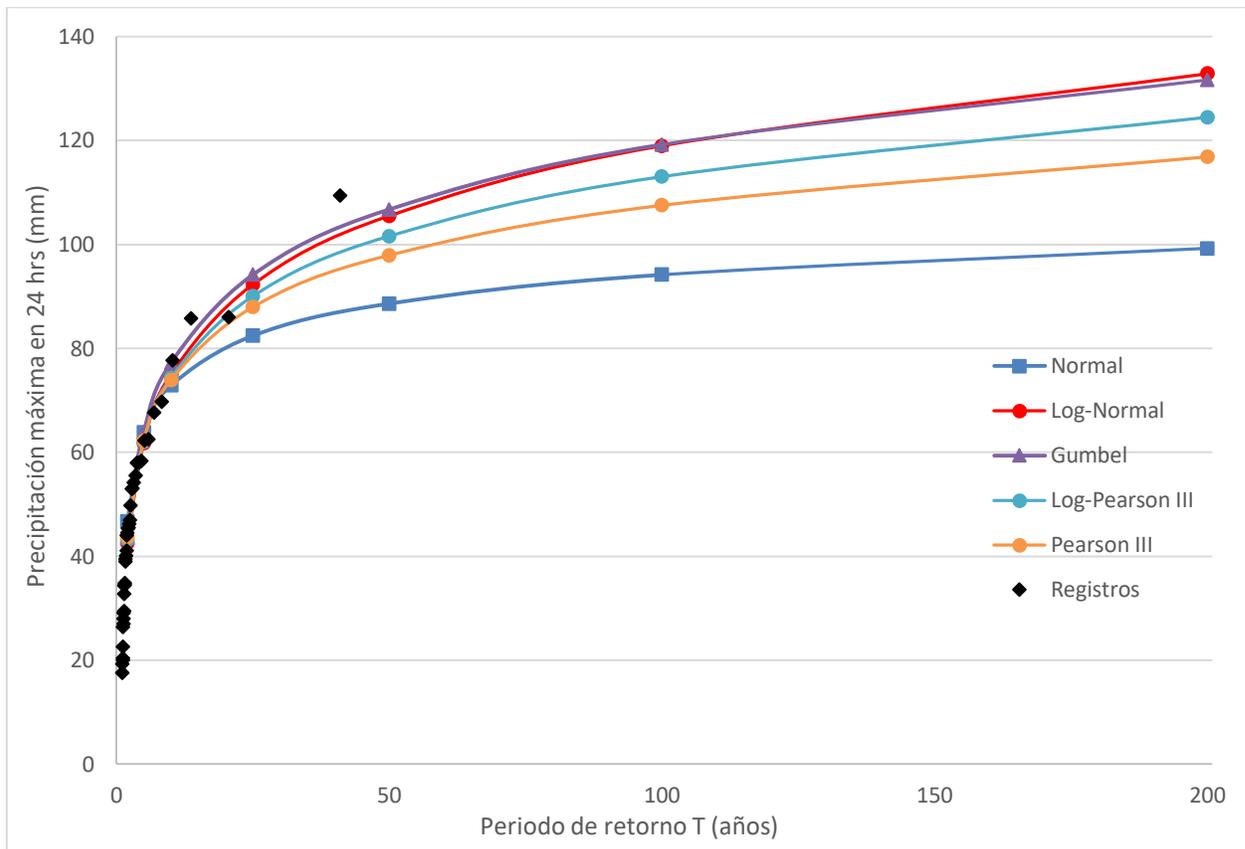
**Tabla 1-60: Resultado de análisis de frecuencia, precipitaciones máximas en 24 horas (mm), Estación Terraza Oficinas Centrales DGA.**

T (años)	Pexc. (%)	Normal	Log-Normal	Gumbel	Pearson III	Log-Pearson III
2	50%	46,7	42,6	43,5	43,6	43,1
5	20%	63,9	61,8	63,8	62,3	61,9
10	10%	72,9	75,0	77,2	73,9	74,4
25	4%	82,4	92,3	94,2	88,0	90,1
50	2%	88,6	105,5	106,7	97,9	101,6
100	1%	94,2	119,0	119,2	107,5	113,0
200	0.5%	99,3	132,9	131,7	116,9	124,5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para el ajuste de los datos se verifican a través de la superposición gráfica de las funciones de distribución utilizadas con los datos reales, lo que se puede apreciar en la siguiente figura:

**Figura 1-4: Precipitaciones máximas (mm) según distribuciones y registros.**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior, es posible notar que la distribución que mejor se ajusta a los datos reales es la función de Gumbel, aun cuando algunos datos se escapan de la tendencia predominante. Para definir finalmente una función de distribución y con ella, determinar las magnitudes de diseño, se revisan los resultados de la prueba de bondad de ajuste de  $\chi^2$ , que se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 1-61: Resultado de la prueba de bondad de ajuste para las distribuciones analizadas.**

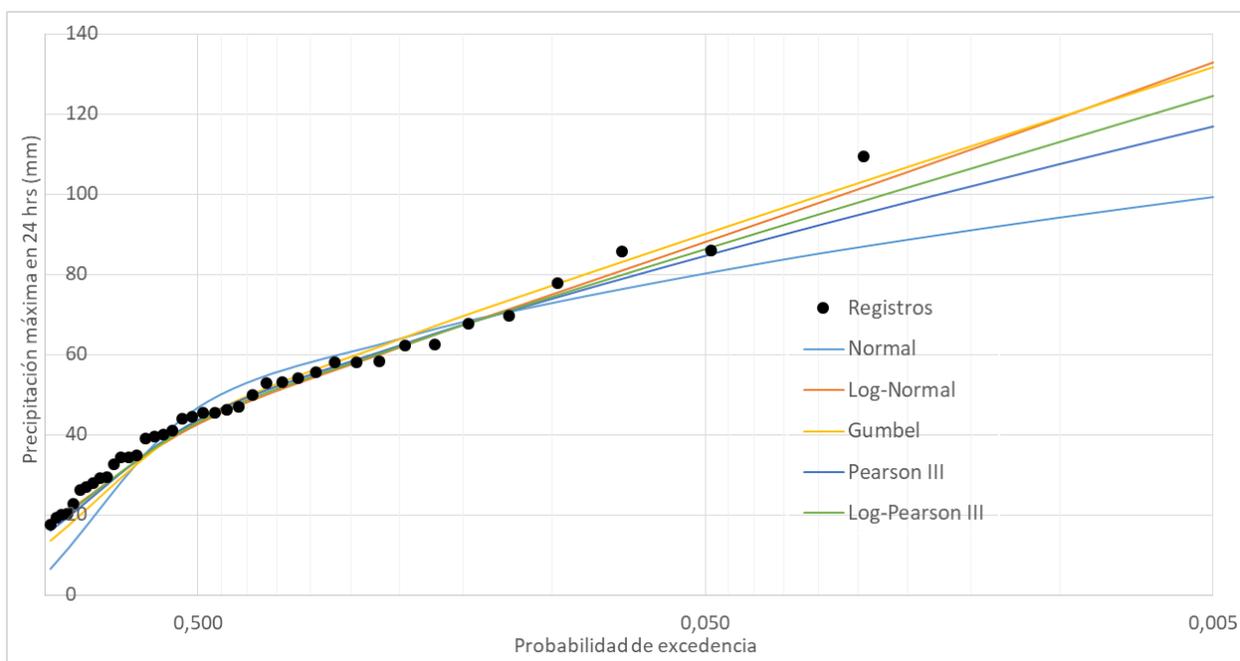
	Normal	Log-Normal	Gumbel	Pearson III	Log-Pearson III
$\chi^2$ (cálculo)	4,37	4,69	2,31	2,07	4,58
$\chi^2(0.05)$	9,49	9,49	9,49	7,81	7,81
Hipótesis	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
$\chi^2$ (calc.)/ $\chi^2$ (0.05)	0,46	0,49	0,24	0,27	0,59

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla anterior, todas las distribuciones cumplen con la hipótesis de la prueba, sin embargo, es la función de Gumbel la que determina una relación  $\chi^2(\text{calc.})/\chi^2(0.05)$  más baja. Además, y como se señaló anteriormente, gráficamente es la que mejor se ajusta a los valores de los registros de precipitación reales

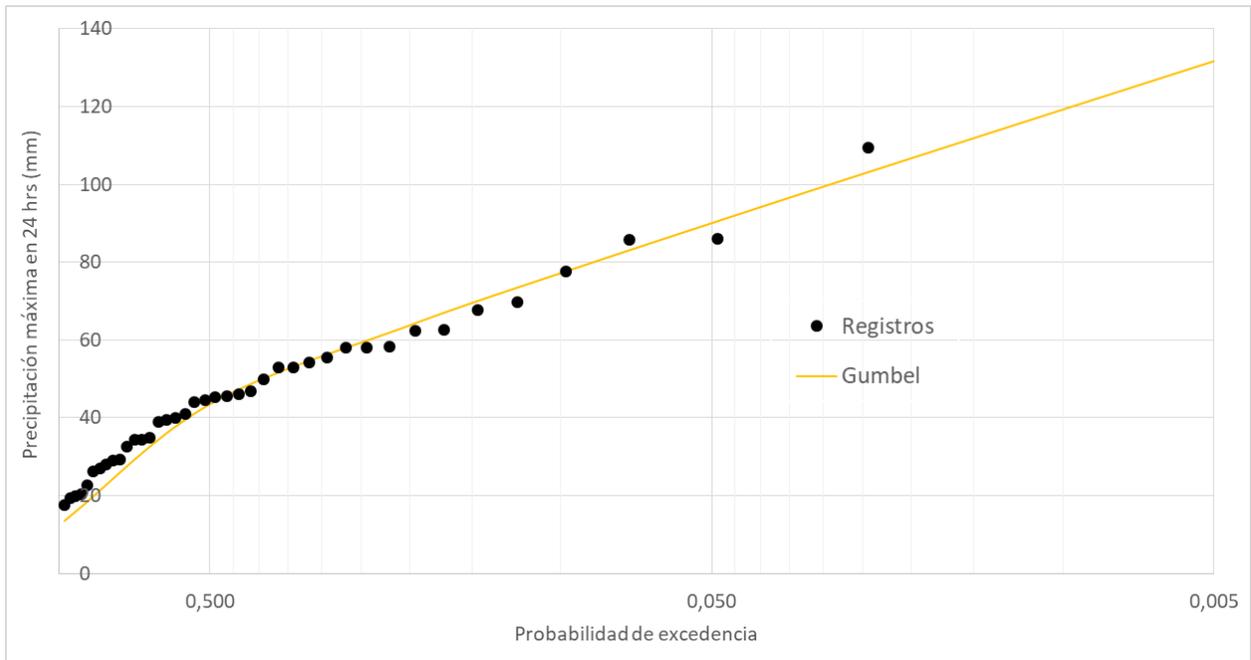
En la Figura 1-5, se presenta el ajuste gráfico logarítmico de todas las funciones, mientras que en la Figura 1-6 se muestra el mismo ajuste, pero solo para la distribución de Gumbel.

**Figura 1-5: Ajuste gráfico de precipitaciones máximas en 24 horas para todas las distribuciones.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-6: Ajuste gráfico de precipitaciones máximas en 24 horas para la distribución de Gumbel.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 1.1.3.4.3 Curvas IDF

Teniendo en consideración los valores de precipitación para los diferentes periodos de retorno considerados, obtenidos aplicando la función de distribución ajustada de Gumbel, y tomando en cuenta los criterios señalados en el capítulo 1.1.3.3.5, las precipitaciones para diferentes duraciones se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 1-62: Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno (mm).**

Tiempo	Horas	CD	Precipitación (mm)						
			T = 2 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 200 años
5 min.	0,08	0,04	2,1	3,1	3,8	4,6	5,2	5,8	6,5
10 min.	0,17	0,07	3,2	4,7	5,7	6,9	7,8	8,8	9,7
15 min.	0,25	0,08	3,9	5,7	6,9	8,5	9,6	10,7	11,8
20 min.	0,33	0,09	4,5	6,5	7,9	9,6	10,9	12,2	13,5

30 min.	0,50	0,11	5,3	7,8	9,4	11,5	13,0	14,5	16,0
40 min.	0,67	0,12	6,0	8,7	10,6	12,9	14,6	16,3	18,0
45 min.	0,75	0,13	6,2	9,1	11,1	13,5	15,3	17,1	18,9
50 min.	0,83	0,14	6,5	9,5	11,5	14,1	15,9	17,8	19,7
1	1	0,15	6,9	10,2	12,3	15,0	17,0	19,0	21,0
2	2	0,24	11,3	16,5	20,0	24,3	27,6	30,8	34,0
4	4	0,38	18,2	26,7	32,3	39,4	44,6	49,8	55,0
6	6	0,51	24,4	35,8	43,3	52,8	59,9	66,9	73,9
8	8	0,62	29,5	43,2	52,2	63,7	72,2	80,7	89,1
10	10	0,70	33,3	48,8	59,0	72,0	81,6	91,1	100,7
12	12	0,74	35,2	51,6	62,4	76,1	86,3	96,4	106,4
14	14	0,81	38,8	56,8	68,8	83,9	95,1	106,2	117,3
18	18	0,91	43,3	63,5	76,9	93,7	106,3	118,7	131,1
24	24	1,00	47,9	70,2	84,9	103,6	117,4	131,1	144,8

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como primer resultado las precipitaciones obtenidas, expuestas en la tabla anterior, es posible obtener las intensidades considerando las precipitaciones y su duración.

En la Tabla 1-63 se encuentran los valores de las curvas IDF calculadas, además de las constantes de ajuste  $K$  y  $e$ , junto con factor de correlación  $R^2$ . En la Figura 1-7 se puede apreciar la representación gráfica de las curvas IDF ajustadas para duración de hasta 2 horas, mientras que en la Figura 1-8 se representan las curvas IDF para una duración de hasta 24 horas.

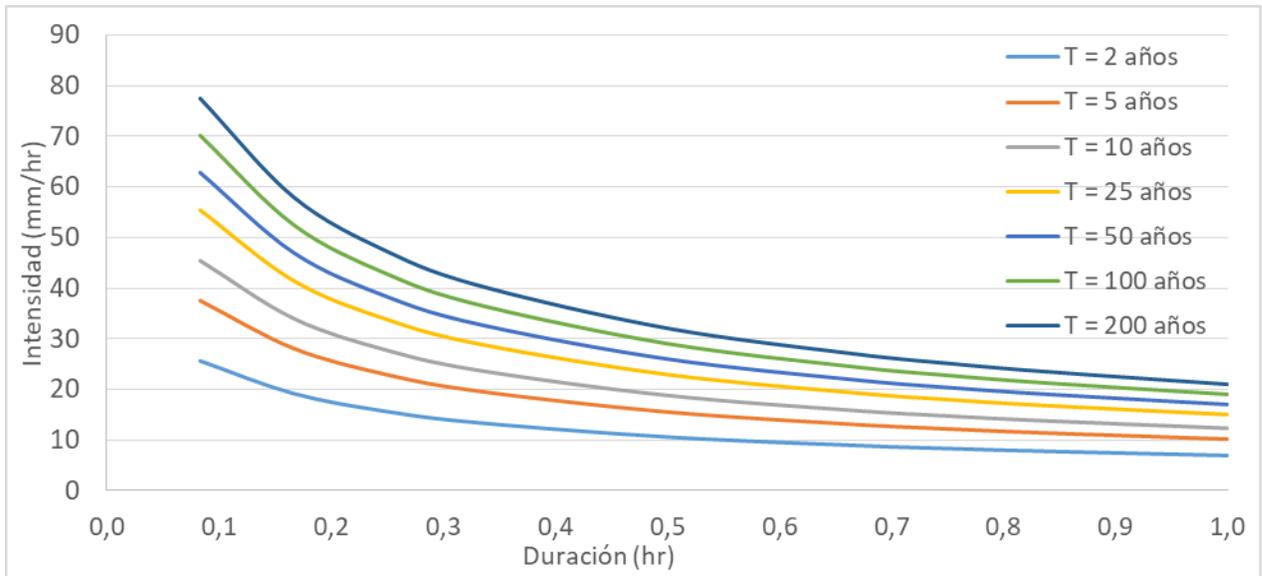
**Tabla 1-63: Curvas IDF obtenidas para la estación Terraza Oficinas Centrales DGA (mm/hr).**

		Intensidad de precipitación (mm/hr)						
Tiempo	Horas	T = 2	T = 5	T = 10	T = 25	T = 50	T = 100	T = 200
		años	años	años	años	años	años	años
5 min.	0,08	25,6	37,6	45,4	55,4	62,8	70,2	77,5
10 min.	0,17	19,2	28,1	34,0	41,5	47,0	52,5	58,0
15 min.	0,25	15,6	22,9	27,7	33,8	38,3	42,8	47,3
20 min.	0,33	13,4	19,6	23,7	28,9	32,8	36,6	40,4
30 min.	0,50	10,6	15,5	18,8	22,9	26,0	29,0	32,1
40 min.	0,67	8,9	13,1	15,9	19,3	21,9	24,5	27,0
45 min.	0,75	8,3	12,2	14,8	18,0	20,4	22,8	25,2
50 min.	0,83	7,8	11,4	13,8	16,9	19,1	21,4	23,6
1	1	6,9	10,2	12,3	15,0	17,0	19,0	21,0
2	2	5,6	8,2	10,0	12,2	13,8	15,4	17,0
4	4	4,6	6,7	8,1	9,8	11,2	12,5	13,8
6	6	4,1	6,0	7,2	8,8	10,0	11,1	12,3
8	8	3,7	5,4	6,5	8,0	9,0	10,1	11,1
10	10	3,3	4,9	5,9	7,2	8,2	9,1	10,1
12	12	2,9	4,3	5,2	6,3	7,2	8,0	8,9
14	14	2,8	4,1	4,9	6,0	6,8	7,6	8,4
18	18	2,4	3,5	4,3	5,2	5,9	6,6	7,3
24	24	2,0	2,9	3,5	4,3	4,9	5,5	6,0

K	7,1903	10,5363	12,7516	15,5506	17,6271	19,6883	21,7419
e	-0,5340	-0,5340	-0,5340	-0,5340	-0,5340	-0,5340	-0,5340
R <sup>2</sup>	0,9949	0,9949	0,9949	0,9949	0,9949	0,9949	0,9949

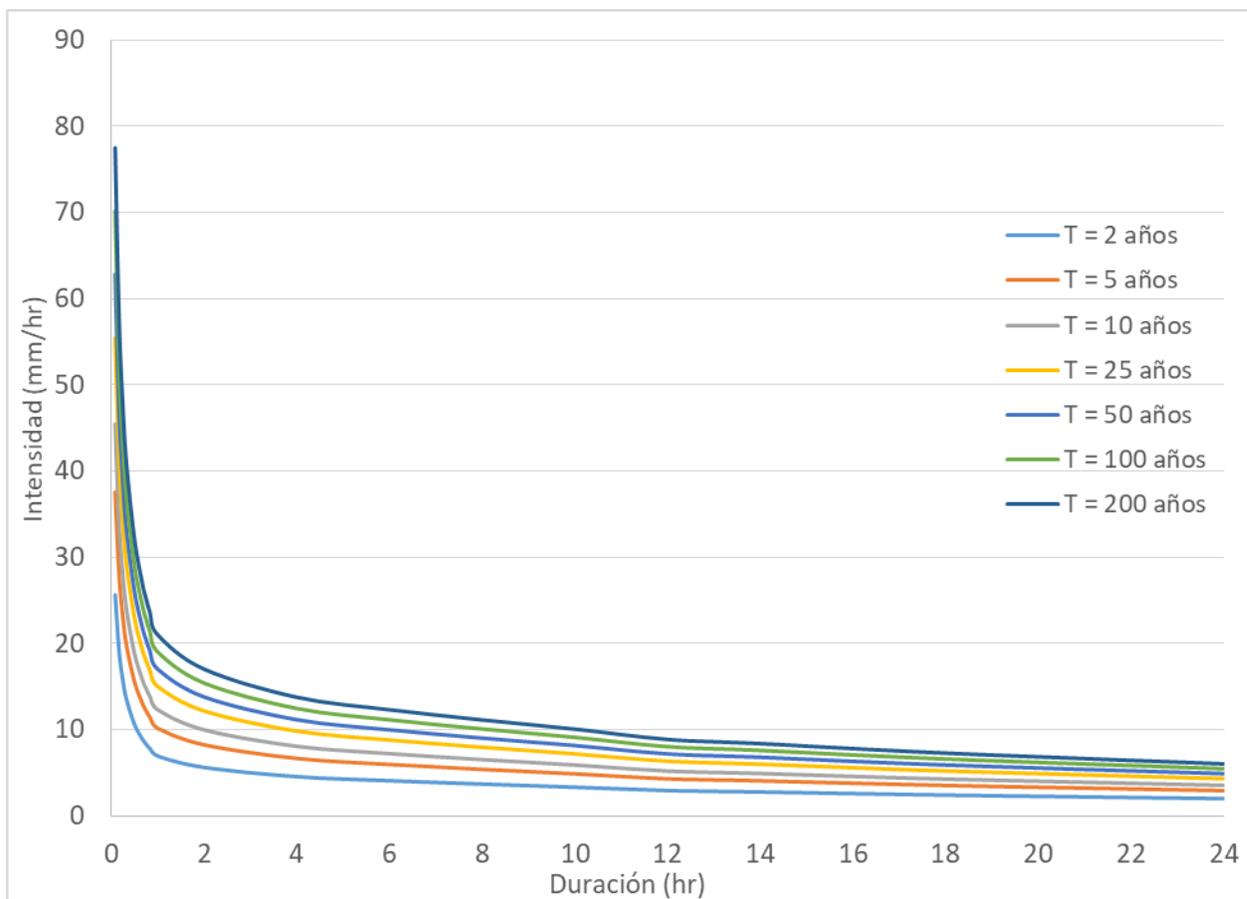
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-7: Curvas IDF, estación Terraza Oficinas Centrales DGA, duración de 1 hora (mm/hr).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-8: Curvas IDF, estación Terraza Oficinas Centrales DGA, duración de 24 horas (mm/hr).



Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.4 Estudio hidráulico

Para realizar el dimensionamiento de las soluciones que se implementarán en cada punto de interés que se considere en terreno, es necesario recurrir a técnicas específicas para cuantificar dimensiones y adoptar materialidades. La hidráulica se alimenta de los caudales de porteo para diseñar, ya que es el principal parámetro técnico.

En la tabla siguiente se resumen las tormentas de diseño que se deben adoptar para determinar los caudales de escorrentía y así, proceder con el diseño hidráulico de cada una de las soluciones. Cabe señalar que en la tabla se indican algunas de las soluciones consideradas para implementar de manera preliminar.

**Tabla 1-64: Tormentas de diseño para cada solución considerada.**

Tipo de solución	Codigo	Tormenta			Caudales máximos	
		Duración (hr)	Intervalos (min)	T de retorno (años)	Método	T de retorno (años)
Depósito de infiltración	DINF	24	10-60	5-200	Racional	5-200

Tipo de solución	Codigo	Uso	Lluvia de diseño		
			Duración (hr)	Intervalos (min)	T de retorno (años)
Franja filtrante	FRF	Privado	2	10	2
		Publico	2	10	10
Jardín para lluvia (Biorretención)	BRR	Privado	2	10	2
		Publico	24	10-60	10
Cunetas verdes	CUV	Privado	2	10	2
		Publico	24	10-60	10
Pozo de infiltración	PINF	Privado	2	10	2
		Publico	24	10-60	10

Fuente: Manual de drenaje urbano de la DOH, 2013.

## 1.1.5 Levantamiento de sectores con potencial técnico de transformación en infraestructura verde urbana.

Se realiza campaña de terreno con el fin de inspeccionar el área de estudio del Barrio Almagro, comprendido entre las calles Eleuterio Ramírez y Manuel Antonio Matta, con orientación Este-Oeste, y las calles Manuel Rodríguez y Santa Rosa, con orientación Norte-Sur.

En la zona, se catastran puntos que presentan factibilidad de aplicación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

### 1.1.5.1 TIPOS DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

#### 1.1.5.1.1 Zonas de Biorretención (BRR)

Sistemas que permiten retener parte de la escorrentía superficial, donde se generan procesos de evapotranspiración e infiltración y eliminación de contaminantes.

**Figura 1-9: Jardín de Iluvia.**



Fuente: <http://sudsostenible.com>

#### 1.1.5.1.2 *Franjas Filtrantes (FRF)*

Superficies cubiertas de vegetación, con una pendiente pequeña, que provoca un flujo lento de la lámina de escorrentía superficial. Tienen la capacidad de disminuir la velocidad del agua, lo cual facilita tanto la sedimentación de otros contaminantes como la infiltración del agua.

Se utilizan de manera en márgenes de carreteras en los que se disponga de espacio suficiente.

Sus principales ventajas son la efectividad en la eliminación de sólidos en suspensión y su facilidad de adaptación a ser construidas junto a grandes áreas impermeables.

**Figura 1-10: Franja de Filtración.**

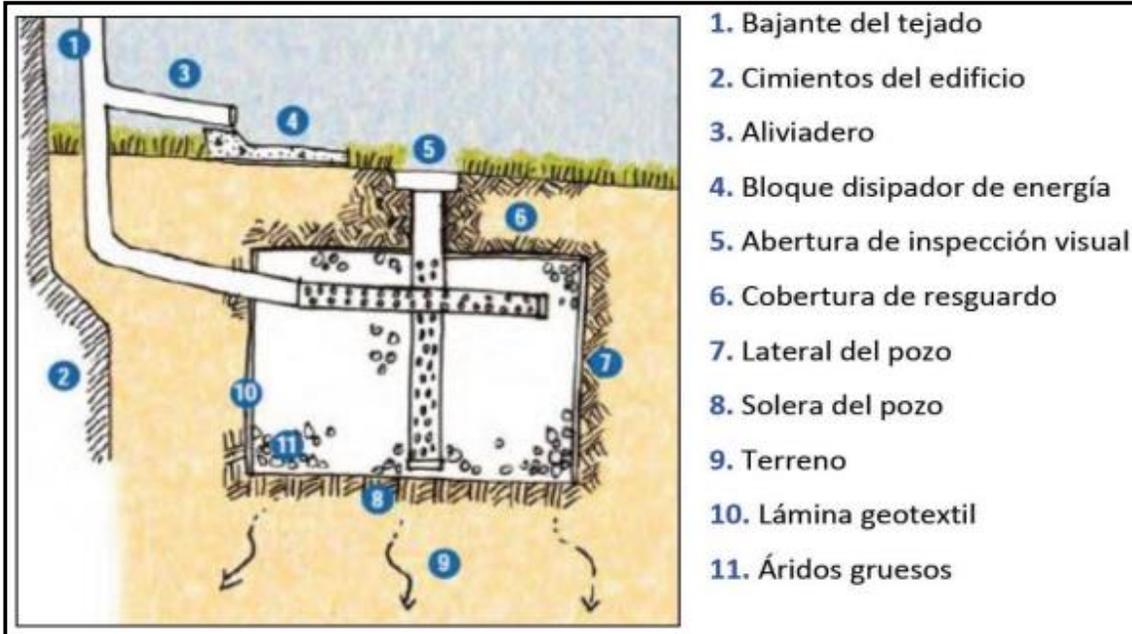


Fuente: <https://isancheztapetillo.wordpress.com/>

#### 1.1.5.1.3 Pozos de Infiltración (PINF)

Sistema de pozos de profundidad media, compuestos por materiales drenantes que permiten captar la escorrentía proveniente de una superficie impermeable cercana (ejemplo: techo).

Figura 1-11: Esquema de un Pozo de Infiltración tipo.



Fuente: SFPUC, (2010). Stormwater Design Guidelines

#### 1.1.5.1.4 Cunetas Verdes (CUV)

Diseñadas para captar la escorrentía de zona impermeables aledañas como caminos y carreteras. Su finalidad contempla generar bajas velocidades de escurrimiento para permitir la sedimentación de las partículas.

**Figura 1-12: Cuneta Verde.**



Fuente: [www.ecologyconsultancy.co.uk](http://www.ecologyconsultancy.co.uk)

#### 1.1.5.1.5 Depósitos de Infiltración (DINF)

Corresponden a depresiones en el terreno, diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas. Estos depósitos reducen la escorrentía superficial mediante la infiltración al terreno, por lo que es necesario que los suelos posean un nivel apropiado de permeabilidad.

Esta infiltración les permite ser utilizados para recargar acuíferos.

**Figura 1-13: Depósito de Infiltración.**



Fuente: [www.mortonroberts.com](http://www.mortonroberts.com)

## 1.1.5.2 CATASTRO EN TERRENO

### 1.1.5.2.1 Generalidades

Para caracterizar cada uno de los puntos detectados en terreno, se utiliza la siguiente codificación, dependiente de la solución afín más factible de proyectar en el lugar inspeccionado:

**Tabla 1-65: Codificación según solución preliminar propuesta.**

Solución	Código
Biorretención	BRR
Franja Filtrante	FRF
Pozo de Infiltración	PINF
Cuneta verde	CUV
Depósito de Infiltración	DINF

Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.5.2.2 Campaña de Terreno

En la campaña de terreno se catastraron los siguientes puntos:

**Tabla 1-66: Puntos coordenados y soluciones preliminares propuestas.**

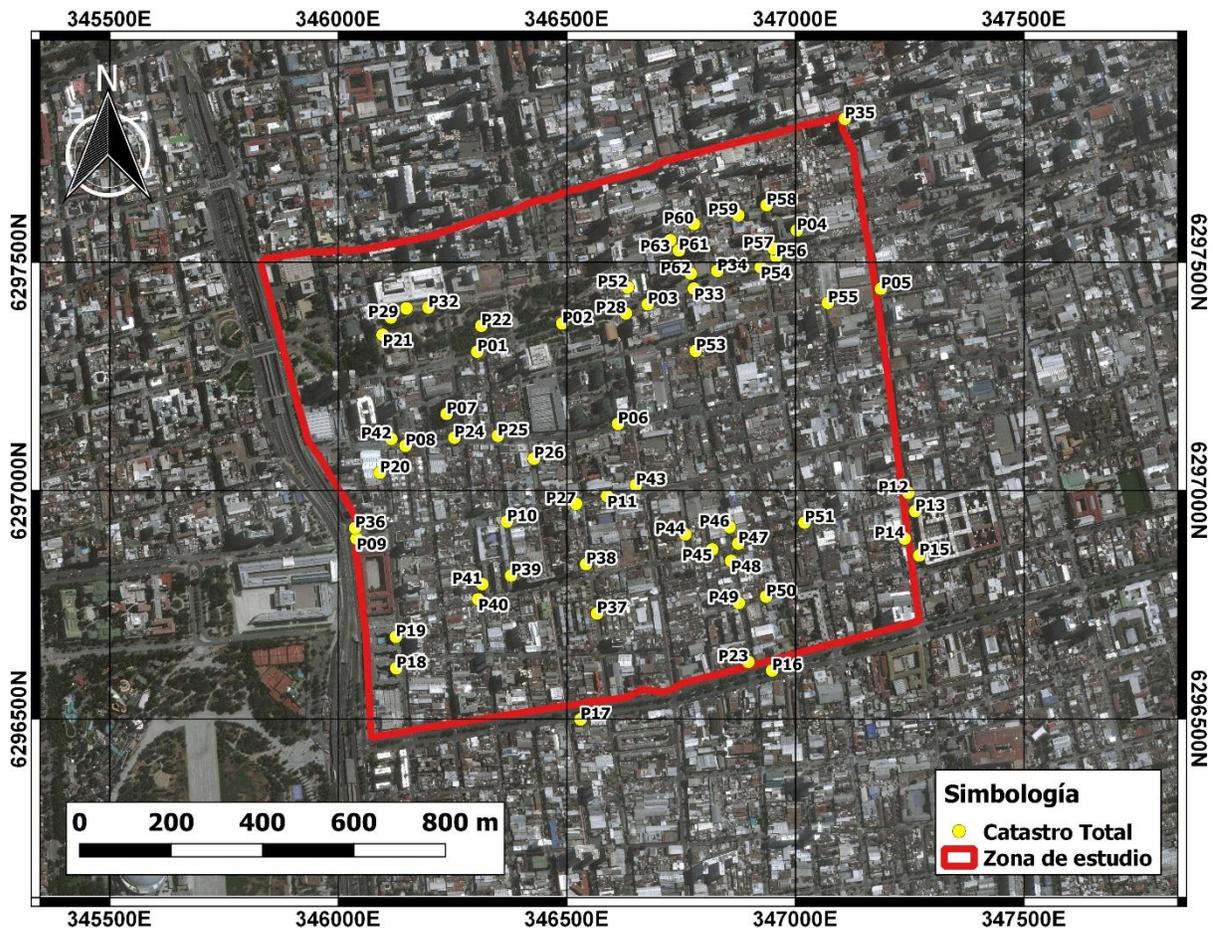
Punto	Solución	Este UTM (m)	Norte UTM (m)
P01	FRF	346304	6297304
P02	BRR	346490	6297366
P03	BRR, PINF	346677	6297408
P04	BRR, PINF	347003	6297570
P05	PINF, CUV	347187	6297442
P06	BRR	346612	6297146
P07	BRR	346237	6297168
P08	BRR	346147	6297098
P09	BRR, FRF	346040	6296895
P10	BRR	346369	6296932
P11	FRF, CUV	346588	6296988
P12	BRR	347247	6296995
P13	BRR	347262	6296955
P14	BRR, CUV	347239	6296895

Punto	Solución	Este UTM (m)	Norte UTM (m)
P15	BRR	347271	6296858
P16	BRR	346949	6296606
P17	FRF, BRR, CUV	346530	6296499
P18	CUV	346127	6296611
P19	CUV	346126	6296680
P20	BRR	346091	6297039
<b>P21</b>	<b>DINF</b>	<b>346097</b>	<b>6297341</b>
<b>P22</b>	<b>DINF</b>	<b>346313</b>	<b>6297361</b>
P23	BRR	346897	6296625
P24	BRR, FRF	346254	6297116
P25	BRR	346349	6297120
P26	BRR, FRF	346428	6297070
P27	BRR	346520	6296971
<b>P28</b>	<b>BRR, PINF</b>	<b>346629</b>	<b>6297388</b>
P29	BRR	346115	6297379
<b>P30</b>	<b>BRR, FRF, CUV</b>	<b>346120</b>	<b>6297392</b>
<b>P31</b>	<b>BRR, FRF, CUV</b>	<b>346149</b>	<b>6297399</b>
<b>P32</b>	<b>BRR, FRF, CUV</b>	<b>346197</b>	<b>6297401</b>
<b>P33</b>	<b>BRR, FRF, CUV</b>	<b>346778</b>	<b>6297442</b>
<b>P34</b>	<b>BRR, DINF</b>	<b>346829</b>	<b>6297481</b>
P35	BRR, PINF	347108	6297814
P36	BRR, CUV, DINF	346037	6296918
P37	BRR, FRF, CUV	346566	6296731
P38	BRR, FRF, CUV	346542	6296839
P39	BRR, FRF	346378	6296814
P40	BRR	346306	6296762
P41	BRR, FRF	346315	6296795
P42	BRR	346116	6297113
P43	BRR, FRF	346651	6297012
P44	BRR, FRF	346759	6296904
P45	BRR, FRF	346818	6296871
P46	BRR, FRF	346856	6296920
P47	BRR, FRF	346875	6296884
P48	BRR, FRF	346859	6296846
P49	BRR	346876	6296754
P50	BRR, FRF, CUV	346936	6296768
P51	BRR, CUV	347020	6296930
P52	BRR, CUV	346633	6297445
P53	BRR, FRF	346782	6297306

Punto	Solución	Este UTM (m)	Norte UTM (m)
P54	BRR	346924	6297489
P55	BRR	347071	6297411
P56	BRR, FRF	346958	6297512
P57	BRR, FRF, CUV	346952	6297530
P58	BRR, FRF	346937	6297625
P59	BRR, FRF	346875	6297603
P60	BRR, FRF	346778	6297584
P61	BRR	346745	6297526
P62	BRR	346771	6297475
P63	PINF	346726	6297548

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-14: En la figura siguiente se muestra la ubicación de cada uno de los puntos.



Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.5.2.3 Puntos Óptimos del diagnóstico preliminar

- P21



Ubicación: Parque Almagro (Sector Poniente).

Solución propuesta: Depósito de Infiltración (DINF).

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pendientes pronunciadas.</li><li>• Retención de agua.</li><li>• Sin obras aledañas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Árboles cercanos, presencia de raíces.</li></ul>

- P22



Ubicación: Parque Almagro (Sector Centro).

Solución propuesta: Depósito de Infiltración (DINF).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendientes pronunciadas.</li> <li>• Retención de agua.</li> <li>• Sin obras aledañas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles cercanos, presencia de raíces.</li> <li>• Zona de juegos.</li> </ul>

- P28



Ubicación: Esquina San Diego con Santa Isabel.

Solución propuesta: Biorretención (BRR) ; Pozo de Infiltración (PINF).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendientes favorables.</li> <li>• Fácil acceso para intervención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles cercanos, presencia de raíces.</li> <li>• Instalaciones aledañas.</li> <li>• Dentro de la Línea Oficial de Inmobiliaria.</li> </ul>

- P30, P31, P32



Ubicación: Parque Almagro (Sector Norponiente).

Solución propuesta: Biorrentención (BRR) ; Franja Filtrante (FRF) ; Cuneta Verde (CUV).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de agua.</li> <li>• Pendientes favorables.</li> <li>• Eje longitudinal común entre los puntos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles cercanos, presencia de raíces.</li> <li>• Instalaciones aledañas.</li> </ul>

- P34



Ubicación: Esquina Serrano con Santa Isabel.

Solución propuesta: Biorrentención (BRR) ; Depósito de Infiltración (DINF).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de agua.</li> <li>• Pendientes favorables.</li> <li>• Fácil acceso para intervención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones y obras aledañas.</li> <li>• Zona sucia.</li> </ul>