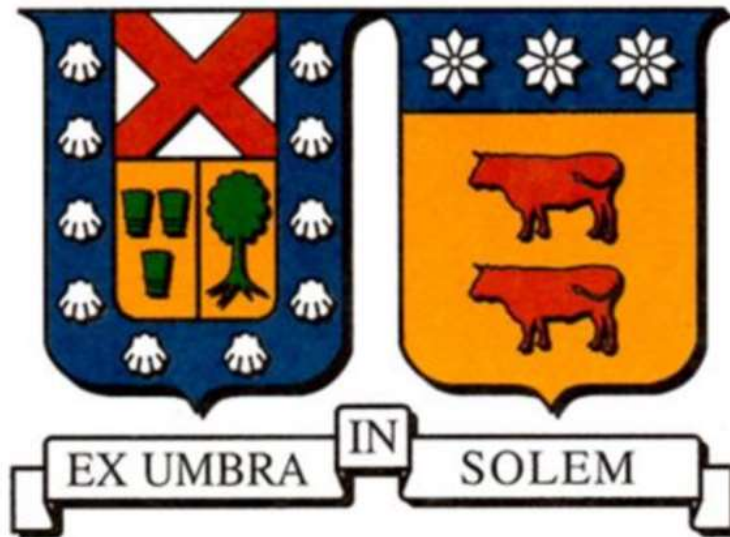




UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCION

**EVALUACION TECNICO Y ECONOMICA AL MEJORAMIENTO DE
PAVIMENTO DE CALLES Y SU SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS
LLUVIAS CON ESTANQUES DE ACUMULACION PARA EL
APROVECHAMIENTO DE AGUAS AL CIRCUITO DE RIEGO EN AREAS
VERDES AL INTERIOR DE UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA
MARIA**

ITALO RICARDO CHAVEZ CARRASCO

2024

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**EVALUACION TECNICO Y ECONOMICA AL MEJORAMIENTO DE
PAVIMENTO DE CALLES Y SU SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS
LLUVIAS CON ESTANQUES DE ACUMULACION PARA EL
APROVECHAMIENTO DE AGUAS AL CIRCUITO DE RIEGO EN AREAS
VERDES AL INTERIOR DE UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA
MARIA**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CONSTRUCTOR**

ALUMNO: ITALO RICARDO CHAVEZ CARRASCO
PROFESOR GUIA: SR. SERGIO HERNANDEZ

2024

Agradezco a Dios por estos tres años de salud, vida y fortaleza para seguir adelante.

Agradecer a mi Sra. Esposa, hijos y familia en general.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
PROBLEMÁTICA	9
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
METODOLOGÍA DE TRABAJO	13
MARCO TEÓRICO	14
MARCO NORMATIVO	18
CAPÍTULO I: ANÁLISIS Y CONCEPTOS GENERALES	20
1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	21
1.1.1 PAVIMENTOS DISCONTÍNUOS	21
1.1.2 ADOQUINES DETERIORADOS	21
1.1.3 SIN BORDE DE CAMINOS	22
1.1.4 DETERIORO EN SOLERAS TIPO “A”	23
1.1.5 DETERIORO EN SOLERAS TIPO “C”	23
1.1.6 EVACUACIÓN AGUAS LLUVIAS	24
1.2 ENSAYO DE LISURA DE LA SUPERFICIE	24
1.2.1 REGISTRO DE ENSAYO	25
CAPÍTULO II: DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE CONCRETO	27
2.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUIN DE CONCRETO	28
2.1.1 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	28
2.1.2 TRANSMISION DE ESFUERZOS	28
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE RODADO	30

2.2.1	FORMA DE LOS ADOQUINES	30
2.2.2	ESPESOR DE LOS ADOQUINES	32
2.2.3	APAREJO DE COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES	32
2.3	RESISTENCIA MECÁNICA	33
2.4	RESTRICCIONES DE BORDE O CONFINAMIENTO	33
2.4.1	JUNTAS ENTRE ADOQUINES	34
2.4.2	RELLENO DE LAS JUNTAS	34
2.4.3	INFLUENCIA DE LAS CAPAS INTERMEDIAS	34
2.5	ACCIÓN CLIMÁTICA	35
2.6	ESTRUCTURA TÍPICA DE UN PAVIMENTO DE ADOQUÍN	36
2.6.1	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS	37
2.6.2	SOLICITACIONES DE TRÁNSITO	37
2.6.3	CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE	37
2.6.4	ANÁLISIS ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN	37
2.6.5	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN	39
2.7	ANÁLISIS TÉCNICO DE VIAS DE ADOQUIN	39
2.8	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA SOLUCION	41
CAPÍTULO III: DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS		
	LLUVIAS	42
3	DEFINICIONES BASICAS.....	43
3.1.1	COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS	43
3.1.2	CAMARAS DE INSPECCION DE AGUAS LLUVIAS	43
3.1.3	SUMIDEROS	44
3.1.4	TIEMPO DE CONCENTRACION	46
3.1.5	LLUVIAS DE DISEÑO	48

3.1.6	CURVAS INTENSIDAD – DURACION – FRECUENCIA DE LLUVIAS	48
3.1.7	METODO RACIONAL	49
3.1.8	AREA APORTANTE	50
3.1.9	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	51
3.2	CALCULO DE ESCORRENTIA	52
3.3	ESTIMACION DE LA CURVA IDF	54
3.3.1	CALCULO DE CAUDAL APORTANTE	55
3.3.2	ESTRATEGIA DE DISEÑO	55
3.3.3	ALCANCE	56
3.3.4	ORIENTACION PARA LA SELECCIÓN DE OBRAS DE LA RED SECUNDARIA	56
3.3.5	PROPUESTA DE SOLUCION DE RED SECUNDARIA DE AGUAS LLUVIAS	57
3.3.6	PARAMETROS	58
3.3.7	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	59
3.4	DISEÑO DE COLECTORES	60
3.4.1	DISEÑO Y SOLUCION DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS.....	60
3.4.2	CAPACIDAD DE PORTEO EN CALLES Y SUMIDEROS	61
3.4.3	SECCION TRANSVERSAL DE CALLES PROYECTADAS	62
3.5	VERIFICACION DE PORTEO DE CALLES Y VERIFICACION DE CAPTACION HIDRAULICA DE CALLES	67
3.6	VERIFICACION DE COLECTORES	69
3.6.1	TRAZADO DE COLECTORES	69
3.6.2	CONDICIONES DE DISEÑO DE COLECTORES DE AGUAS LLUVIAS	70
3.6.3	CAUDAL MAXIMO PORTEO	73

CAPÍTULO IV:	DISEÑO DE SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS	
	MEDIANTE ESTANQUE DE ACUMULACION	74
4	ESTANQUE DE RETENCION	75
4.1	SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EXISTENTES ..	76
4.1.1	SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE TECHO Y PAVIMENTOS	
	DE CALLES	77
4.1.2	FILTROS	77
4.1.3	EFICIENCIA DE LOS FILTROS	79
4.1.4	GRADO DE FILTRACION	79
4.1.5	DIMENSION DE LOS FILTROS	79
4.1.6	INSTALACION DE LOS FILTROS	80
4.1.7	MANTENIMIENTO	80
4.2	SELECCIÓN DE ESTANQUE PRIMARIO	81
CAPÍTULO V:	PARTIDAS PARA TRABAJOS DE PAVIMENTACION,	
	AGUAS LLUVIAS Y ESTANQUE DE ACUMULACION	
	A EVALUAR ECONOMICAMENTE	83
5	ANALISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)	84
5.1	APU - MEJORAMIENTO DE PAVIMENTACION EN CALLES AL	
	INTERIOR DE UNIVERSIDAD	85
5.2	APU - DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS	
	CON ESTANQUES DE ACUMULACION	89
ANEXOS		93
BIBLIOGRAFÍA		102

INTRODUCCIÓN

Primer alcance

La Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción, es una institución de educación Técnico Profesional, que lleva más de 40 años en la región (1971), tiempo que se refleja en la infraestructura existente que, a pesar de ciertos cambios e intervenciones, se han reflejado falencias que no conllevan una imagen corporativa para el perfil de profesionales que forma. Una de las deficiencias desde el punto de vista de la infraestructura de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción, es su pavimentación, ya que con el pasar del tiempo no se ha logrado una mantención adecuada, y se han realizado obras de menor envergadura con distintas materialidades que no le otorgan uniformidad a las vías de circulación, dándole un aspecto descuidado a algo que resulta ser muy importante para el tránsito en las vías de circulación interna y para la imagen corporativa que se busca de la Universidad.

Segundo alcance

El agua es un recurso natural presente en nuestras vidas desde el primer momento. Por lo tanto, resulta de vital importancia para nuestra existencia, nuestras acciones y nuestro desarrollo en general. Los sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias han ayudado a resolver los problemas de abastecimiento de agua para uso doméstico y representa opciones reales para incrementar los volúmenes disponibles para consumo animal y uso doméstico como por ejemplo el riego. A pesar de que el agua se halla en aproximadamente un 70% en la superficie del planeta tierra el 96,5% de esta corresponde a agua salada y el 3,5% restante corresponde a agua dulce en estado líquido, ríos y arroyos, a nivel subterráneo en forma de acuíferos naturales y en estado sólido, como hielo en los polos y cimas de montañas. Es por ello que la baja proporción de agua dulce presente en estado líquido en el planeta resulta de vital importancia para el desarrollo de la humanidad, tanto para consumo, labores de aseo, procesos industriales, etc. En nuestro país existe el servicio básico de agua potable, el cual es otorgado por una variedad de empresas a lo largo del territorio, estas empresas toman el agua dulce a partir de cauces naturales y aplican tratamientos en ella para dejarlas aptas para el consumo y las labores domésticas, todo esto con un costo asociado al consumidor.

La propuesta de este proyecto es a la vez abastecer a un sector de áreas verdes en específico con el aprovechamiento de aguas lluvias capturadas por el escurrimiento superficial del pavimento encausadas por obras como badenes, soleras zarpas, etc. y a la vez de aguas recibidas de precipitaciones en áreas de techumbres del sector de Talleres de la universidad. A partir de las aguas lluvias que precipitan durante el año, será realizado un redireccionamiento de agua que cae sobre las áreas de techo. Estas aguas lluvias serán redirigidas y almacenadas en estanques de acumulación, posterior

a ello estas aguas se tratarán y serán dispuestas y inyectadas al sistema de riego existente para áreas aledañas o cercanas. De esta manera el recurso hídrico será aprovechado y no desperdiciado. Por otra parte, un gran aporte a nuestro medio ambiente.

PROBLEMÁTICA

Actualmente existen varias deficiencias en las vías de circulación interna de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción. Las precipitaciones son un factor a considerar en cualquier tipo de materialidades para un pavimento, y a medida que nos movemos hacia el sur del país las precipitaciones se incrementan. Para medir esto, usualmente hablamos de la precipitación promedio normal de cada trimestre, para hacer referencia a cuanto es lo que debe llover. Sin embargo, la lluvia tiende a ser extremadamente variable entre un año y otro, por lo que es mejor introducir el concepto de rangos promedio para cada uno de estos trimestres y olvidarnos un poco del Normal.

En la figura 1 es posible ver cuánta lluvia, en milímetros (mm), le corresponde a la ciudad de concepción en donde tenemos estaciones meteorológicas con larga data.

En la Figura 2 se puede apreciar la evolución de precipitaciones anuales a lo largo del país, marcando un déficit lineal de -26mm por década y un déficit de -22% anual al año 2022.

Dicho lo anterior es cada vez mas relevante cuidar el elemento del agua. Ya sea este para uso Industrial o doméstico, para este caso uso de riego áreas verdes.

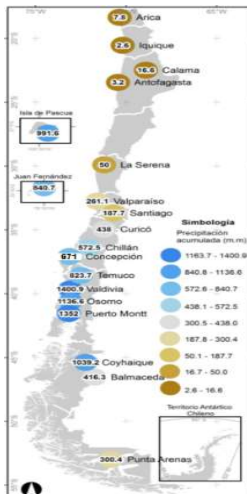


Figura 1

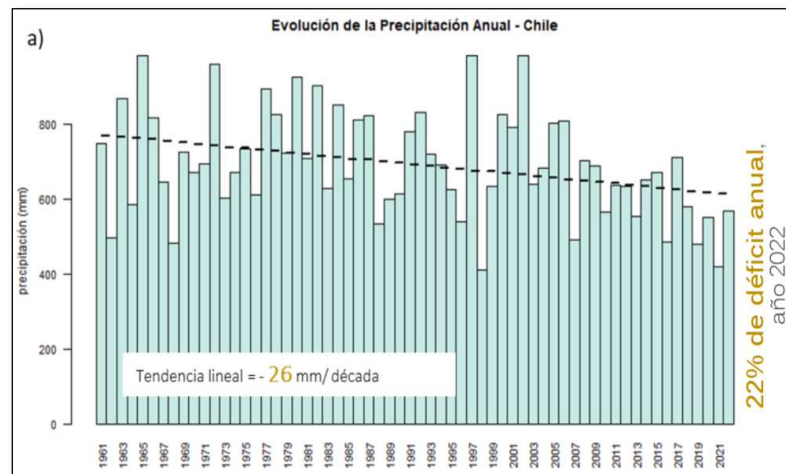


Figura 2

ÍNDICES DE PRECIPITACIÓN				
Índice	Localidad	2022	Normal	Afectación
Precipitación anual (sobre 1 mm)	La Serena	85	84	Sólo en estas localidades se registró precipitación sobre lo normal durante el 2022.
	Ovalle	140.8	102	
	Porvenir	366.7	252	
	Pto. Williams	546.7	448	
	Valparaíso	283.1	397	Más seco desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Magallanes.
	Concepción	671	1052	
	Valdivia	1351	1733	
	Punta Arenas	162.8	381	Isla de Pascua se registró como el año más seco desde 1961.
	Rapa Nui	558.5	1199	

Figura 3

Figura 1, 2 y 3; Fuente:

<https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/05/reporteEvolucionClima2022.pdf>

En Concepción, precipita al menos entre 36 y 40 días cada invierno en promedio, lo que equivale a más de un mes completo de lluvias. Esto nos demuestra que la Universidad se encuentra en una de las ciudades con más lluvias dentro del país, según estudio de la Dirección Meteorológica de Chile.

La principal deficiencia en cuanto al pavimento existente tiene relación con la materialidad que conforma las vías de circulación interna de la Universidad y la cantidad de precipitaciones que se registran en la zona, mencionada anteriormente.

Actualmente las vías de la Universidad están compuestas en su mayoría por pavimentos articulados (adoquines), cuya superficie es totalmente permeable, según lo grafica la figura 4.

A través de la gran cantidad de juntas entre los elementos que conforman el paño, el agua caída en la superficie penetra en la estructura y afecta directamente a las capas inferiores, provocando disgregación del material y perdiendo resistencia, sobre todo de la base, provocando finalmente deformaciones en la superficie.

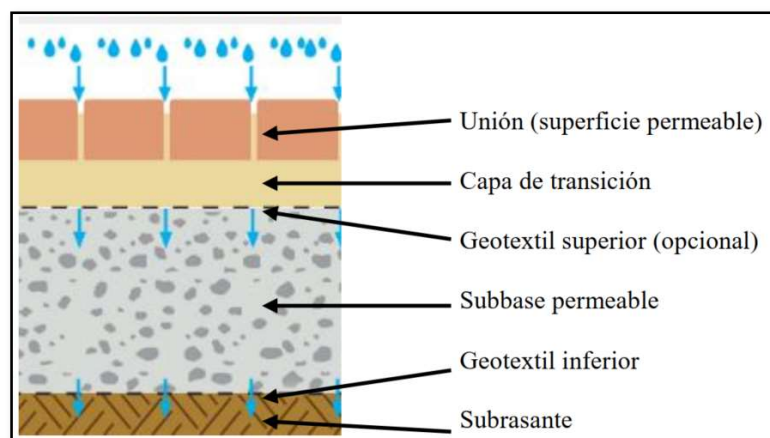


Figura 4; Fuente:

<https://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10450491009/html/index.html>

Las deformaciones son una deficiencia relevante tanto en la superficie como en la estructura del pavimento, actualmente el rango para lisura de un pavimento que muestra la Figura 5 (Tabla irregularidad), según la normativa no debería sobrepasar los 7 milímetros en abultamientos y hendiduras.

TABLA 5.408.304.H
MULTAS POR IRREGULARIDADES

IRREGULARIDAD (mm)	MULTAS CON RESPECTO AL VALOR DE LA CAPA DE RODADURA EN EL AREA AFECTADA	
	Camino Principal TMDA $\geq$ 1.000 veh/día	Camino Secundario TMDA < 1.000 veh/día
5	10%	-
6	15%	2%
7	30%	5%
8	100% o se rehará	15%
9		25%
10		100% o se rehace

Figura 5; Fuente: Manual de carretera volumen 5, control de lisura.

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

De acuerdo con la medición realizada en las vías de la Universidad el día 21/10/2023, los resultados sobrepasan el rango de medición del instrumento, que es sobre los 10mm. (ver más adelante, Ensayo de Lisura de la superficie donde se muestran las diferentes mediciones de lisura tomadas al perímetro de calles interiores realizadas, donde queda demostrada las irregularidades de la superficie.)

JUSTIFICACIÓN

a) Debido a que las vías de circulación son muy importantes para la imagen corporativa tanto para la comunidad estudiantil, profesores, funcionarios y externos, resulta muy importante mantener las vías en buen estado. A lo largo de los años, el tránsito diario, las inclemencias del tiempo han ido deteriorando tanto las superficies, como la estructura del pavimento, disminuyendo la serviciabilidad en las vías de la Universidad. Con la finalidad de entregar una solución a esta problemática, se analiza el reemplazo de su pavimentación (eje interior perimetral), entregando vías completamente regulares, con pendientes muy bien definidas para la evacuación de aguas lluvias, que aporten: comodidad, bienestar, tranquilidad, seguridad, utilidad ante eventos y un aspecto muy importante, seguridad ante alguna emergencia.

b) Por estos días el recurso hídrico es bastante máspreciado que antaño, ya que en la actualidad el uso del agua dulce se ha masificado debido en gran parte a los procesos industriales que se llevan a cabo hoy en día y que han tenido un crecimiento mundial sostenido durante las últimas décadas. Es por lo anteriormente expuesto que este recurso natural y renovable se aprovecha de una mejor manera ya que su único proceso de renovación se halla precisamente en el ciclo del agua, y cualquier porción que se desperdicie y que termine por fuera de este proceso no se renovará. Es por esto que incluso se han llegado a elaborar campañas cuyo principal objetivo es la de cuidar el agua dulce, saber aprovecharla de la mejor manera posible y evitar su mal uso o desperdicio al mínimo.

La problemática en este caso es una necesidad creada cuya finalidad es la de provocar un ahorro monetario en el consumo de agua potable o para poder aminorar los costos operacionales de la sede Rey Balduino de Bélgica de la UTFSM. Es por las razones previamente expuestas a lo que busca este proyecto es además idear teóricamente un sistema de captación pluvial de los pavimentos y un área de los Talleres de la UTFSM Sede Concepción y que el agua que se reúna se use para los riegos de área verdes cercanas.

OBJETIVO GENERAL

Proponer un cambio de carpeta de pavimentación para las vías de circulación interna de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción, con el aprovechamiento de las aguas lluvias de algunos sectores del pavimento y adicionalmente la captura de aguas lluvias en áreas de techos existentes a establecer para el riego de áreas verdes aledañas.

El diseño de este sistema será mediante la aplicación de un estanque de acumulación enterrado dando a conocer los antecedentes y bases de cálculo necesarios para tal efecto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar la situación actual de las vías internas existentes de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción.
- Analizar aspectos de Mecánica de suelo de las vías internas existentes de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción.
- Obtener levantamiento topográfico de las vías internas existentes de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción.
- Evaluar cambio de pavimento articulado existente.
- Dimensionar una solución que permita Capturar las aguas lluvias considerando los factores que condicionan su diseño.
- Calcular y verificar las soluciones proyectadas.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para lograr el objetivo de este trabajo, se procederá a realizar lo siguiente:

1. Recopilación de antecedentes en terreno: recorrido, observación, ensayos y registro fotográfico.
2. Recopilación de fuente bibliográfica.
3. Recopilación de Información de Ensayos de aspectos de Mecánica de Suelo.
4. Recopilación de Información de Levantamiento Topográfico.
5. Análisis técnico para opción de Pavimento, estanque y sistema de tratamiento aguas.
6. Recopilación de información sobre aspectos económicos para cada análisis técnico a manejar.
7. Evaluación económica para la alternativa de estudio.
8. Conclusión.

MARCO TEÓRICO

DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

- Terraplén

Se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y formadas principalmente por la sub-rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por arteriales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento. Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como subyacente, la cual deberá tener un espesor mínimo de 50cm.

- Subrasante

La función de la sub-rasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad. Las características con las que debe cumplir son: f máximo de 3", expansión máxima del 5%, grado de compactación mínimo del 95%; espesor mínimo de 30cm para caminos de bajo tránsito y de 50cm en caminos con un TPDA > de 2000 vehículos. Otra de las funciones de la sub-rasante es evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías. Generalmente el material que se emplea en un terraplén es el que se encuentra sobre la misma ruta producto de cortes o prestamos laterales. Los bancos deberán contener como mínimo 10,000m³ de material para que sea explotable. Los bancos para subrasante deberán ser homogéneos, y de esta manera evitar que los espesores del pavimento varíen con demasiada frecuencia, los podemos encontrar en formaciones de roca muy alterada o en bancos arenosos estratificados.

- Sub-base

Cumple una cuestión de economía, ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evita que el pavimento sea absorbido por la sub-rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

- **Base**

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un VRS (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima; además se recomienda no compactar materiales en las bases que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico.

- **Carpeta de rodadura**

Capa superior del pavimento, que colocada sobre la base, soporta directamente las solicitudes del tráfico. Las cualidades superficiales de la calzada dependen de la adecuada selección y ejecución del pavimento y se clasifican en:

1. Regularidad superficial: falta de desnivelaciones u ondulaciones longitudinales y transversales.
2. Textura superficial: proporciona la resistencia al deslizamiento.
3. Impermeabilidad: impide la penetración del agua hacia las capas inferiores del firme y la explanada.

TIPOS DE PAVIMENTOS

Existen distintos tipos de pavimentos entre ellos estudiaremos: pavimentos rígidos, pavimentos flexibles y semirrígidos.

- **Pavimento Rígido**

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

- **Pavimento Flexible**

Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

- **Pavimento Semirrígido**

En términos amplios, un pavimento semirrígido ó compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

- **Pavimentos articulados**

Está compuesto por una capa de rodadura de adoquines de concreto; la capa de base y la de subbase cuando la anterior exista y opcionalmente una capa de mejoramiento de la subrasante. Es importante que este tenga unas restricciones laterales de confinamiento adecuadas.

AGUAS LLUVIAS

- **Intensidad:**

se define como la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo en un lugar determinado, habitualmente se mide en milímetros de agua caídos por hora [mm/h]. La intensidad de la lluvia depende en estricto rigor de la duración de esta, cuando la intensidad de lluvia excede la capacidad de filtración del suelo se presenta escurrimiento superficial, lo que puede dar lugar a inundaciones, estos escurrimientos superficiales y subterráneos alimentan los cursos de agua que desembocan en ríos, lagos, embalses y el mar. Las intensidades de una lluvia se dividen en débiles (menor a 2[mm/h]), moderadas (entre 2 [mm/h] y 15 [mm/h]), fuertes (entre 15 [mm/h] y 30 [mm/h]), muy fuertes (entre 30 [mm/h] y 60 [mm/h]) y torrenciales (más de 60 [mm/h]).

- **Duración:**

la duración del evento de lluvia o tormenta varía ampliamente, oscilando entre unos pocos minutos a varios días.

- **Altura o profundidad:**

se define como la altura que tendría el agua precipitada sobre un metro cuadrado de superficie horizontal impermeable. Si la totalidad del agua precipitada no se escurriera. Esta dimensión es la que miden los pluviómetros. Generalmente se expresa en milímetros [mm].

- **Frecuencia:**

la frecuencia de un determinado evento de lluvia, estrechamente relacionado con el llamado “tiempo de retorno”, se define como el promedio de tiempo que transcurre entre los acaecimientos de dos eventos de tormenta de la misma característica. Para estas determinaciones se toman en cuenta la duración o la altura, y, eventualmente ambas.

- **Distribución temporal:**

La distribución temporal de una tormenta tiene un rol importante en la respuesta hidrológica de cuencas en términos de desarrollo del gráfico de precipitaciones de una tormenta.

- **Distribución espacial:**

Las tormentas que cubren áreas grandes tienden a tener una forma elíptica, con un ojo de alta intensidad ubicado en el medio de la elipse, rodeado por lluvias de intensidades y alturas decrecientes. El ojo de la tormenta tiende a moverse en dirección paralela a los vientos prevalentes en el periodo en que se da el evento.

- **Pluviómetro manual:**

Es un indicador simple de la lluvia caída. Consiste en un recipiente especial cilíndrico, por lo general de plástico, con una escala graduada en donde todas las marcas están a la misma distancia entre sí. La altura del agua que llena la jarra es equivalente a la precipitación y se mide en milímetros.

- **Pluviómetro totalizador:**

Se compone de un embudo o triángulo invertido, que mejora la precisión y recoge el agua en un recipiente graduado. A diferencia del anterior, cuanto más hacia abajo están, las marcas de los milímetros se van separando entre sí cada vez más, lo cual compensa el estrechamiento del recipiente. El mismo tiene esa forma para dar más precisión a las lluvias de poco volumen y facilitar su lectura. El instrumento se coloca a una determinada altura del suelo y un operador registra cada 12 horas el agua caída. Con este tipo de instrumento no se pueden definir las horas aproximadas en que llovió.

- **Pluviógrafo de sifón:**

Consta en un tambor giratorio que rota con velocidad constante. Este tambor arrastra un papel graduado; en la abscisa se tiene el tiempo y en la ordenada la altura de la

precipitación pluvial, que se registra por una pluma que se mueve verticalmente, accionada por un flotador, marcando en el papel la altura de la lluvia.

MARCO NORMATIVO

MÉTODO AASHTO

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las distintas secciones ensayadas.

A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos, éste método introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

NORMAS CHILENAS

Existe una diversidad de Normas para todo el proceso de pavimentación Normas del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.), Normas de la sociedad americana (ASTM), Normas de la especificación española PG-3 (NIT), Normas españolas (UNEen); dentro de las más relevantes tenemos:

- a) NCh. Manual de carretera 8.102.1:

Suelos: Método para determinar la Granulometría.

- b) NCh. Manual de carretera 8.102.7:

Suelos: Método para determinar la relación Humedad-Densidad.

Ensayo Proctor Modificado.

- c) NCh. Manual de carretera 8.102.11:

Suelos: Método de Ensayo CBR (Razón de Soporte California)

- d) NCh. Manual de carretera 8.502.4:

Auscultaciones y Prospecciones: Método para Determinar las irregularidades superficiales de los Pavimentos mediante HI-LO.

- e) NCh. Manual de carretera 5.408.304(5):
Control Lisura sobre pavimentos flexibles.
- f) NCh. Manual de carretera 5.410.315(4):
Control Lisura sobre pavimentos rígidos.
- g) Código de aguas.
- h) Ley general de Urbanismo y Construcción.
- i) Ley 19525. Regula sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias.
- j) RIDAA.
- k) Manual de carreteras, volumen 3.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS Y CONCEPTOS GENERALES

1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Al efectuar un recorrido por la Universidad se logra visualizar y evidenciar diversas falencias en los componentes propios de las vías de circulación interna, que acusan la necesidad de ser renovados o reemplazados, y que de hacerlo mejorarían significativamente no sólo la imagen corporativa de la Universidad, sino la calidad de vida de las circulaciones. Es por esto, que resulta importante detallar cada una de sus falencias que poseen las vías de circulación existentes, para tener una mejor aproximación de la necesidad y la solución a dicha problemática:

1.1.1 PAVIMENTOS DISCONTÍNUOS

Como se puede observar a continuación en la fotografía, el pavimento existente está compuesto por diferentes materialidades como: Hormigón, Asfalto y Adoquines, lo cual genera un mal aspecto visual. Pero lo más relevante de esta situación, es que técnicamente estas soluciones no están bien ejecutadas, ya que se puede observar que el asfalto entorpece el recorrido de las aguas lluvias, al no continuar la misma pendiente que posee el adoquín, generando así problemas de evacuación de aguas lluvias y permitiendo así que el agua se apoce en varios sectores.



Figura 6: Fotografía fuente propia.

1.1.2 ADOQUINES DETERIORADOS

Toda materialidad tiene una vida útil, lo cual requiere de una mantención o reemplazo periódicamente, en este caso, como muestra la fotografía, existen varias zonas en donde queda a simple vista, adoquines en muy mal estado, debido a diferentes factores, si bien no es un pavimento con alto tránsito, no deja de ser relevante que la cantidad de años desde el cual fueron instalados los adoquines es considerable. El tipo de suelo, el tránsito diario, la calidad de los trabajos realizados en la base y sub base, las

condiciones climáticas, son los factores que influyen en el deterioro de los pavimentos de la Universidad.



Figura 7: Fotografía fuente propia

1.1.3 SIN BORDES DE CAMINOS

Al tener vías sin bordes, sobretodo en sectores donde no se une con otra materialidad y se encuentra con la tierra o césped, se produce una pérdida del adoquín de borde, quedando cubierto por la tierra y con esto se va perdiendo con el tiempo el pavimento, además genera un mal aspecto visual.



Figura 8: Fotografía fuente propia.

1.1.4 DETERIORO EN SOLERAS TIPO “A”

El deterioro de las soleras tipo “A” pueden generar un deterioro en el pavimento existente, ya que éstas aportan al confinamiento del adoquín y evitan que éste se desborde, además el mal estado de ellas genera una pérdida de la uniformidad que la vía de circulación debería tener



Figura 9: Fotografía fuente propia

1.1.5 DETERIORO EN SOLERAS TIPO “C”

El mal estado de las soleras tipo “C” en estacionamientos se debe a su mala instalación y a una escasa mantención a lo largo del tiempo, esto genera una confusión en la definición de los estacionamientos. Por otro lado, desde el punto de vista de la seguridad, su mala disposición puede ser causa de accidentes en la comunidad universitaria (tropiezos al bajar del vehículo o sufrir caídas al transitar peatonalmente).



Figura 10: Fotografía fuente propia.

1.1.6 EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

Es un aspecto muy relevante la evacuación de aguas lluvias, es evidente que las distintas materialidades que existen entorpecen la evacuación de ellas. Al estar mal ejecutadas, se obstaculiza la evacuación de éstas, dado tanto por las pendientes mal definidas como del gran porcentaje de pavimentación compuesta por adoquines, estos factores promueven la penetración de un gran porcentaje de aguas lluvias, perjudicando claramente la resistencia de la base y sub base de la pavimentación existente.



Figura 11: Fotografía fuente propia.

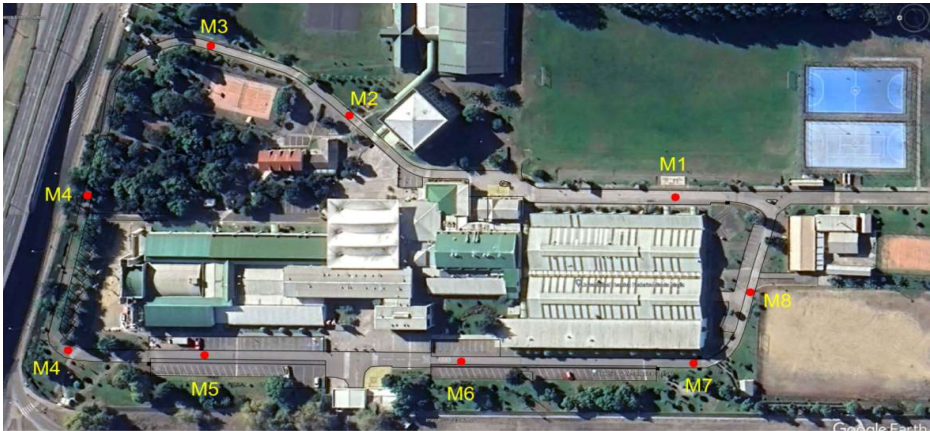
1.2 ENSAYO DE LISURA DE LA SUPERFICIE

Es un aspecto muy relevante la evaluación de las irregularidades que se puedan presentar en la carpeta de rodado del pavimento existente, en las vías de circulación interna de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción, ya que este control nos permitirá verificar las condiciones reales de la superficie, esto nos permitirá asegurar aspectos importantes como seguridad, serviciabilidad, tanto a peatones como a el ingreso de vehículos. Para la ejecución de este ensayo es muy importante el uso de una normativa para realizar adecuada mente los procedimientos, en este caso nos guiaremos con el Manual de Carretera Volumen 5 ítem 5.480.304 (5) Control de Lisura para pavimentos flexibles, y 5.480.315 (4) Control de Lisura para pavimentos rígidos. Debido a que la materialidad existente a ensayar es el adoquín, y que en el Manual de

Carretera no existen controles de lisura para esta materialidad, para efectos de este ensayo lo clasificaremos como un pavimento rígido, además las tolerancias para este ensayo son las mismas tanto para pavimentos flexible como para pavimento rígidos.

1.2.1 REGISTRO DE ENSAYO

Una vez realizado el recorrido con el equipo y al detectar deformaciones muy altas se procedió a medir la deformación con la regla y huincha y se registraron los datos en la siguiente tabla:



PUNTO	REGISTRO FOTOGRAFICO	MEDICION	PUNTO	REGISTRO FOTOGRAFICO	MEDICION
M1		75mm	M5		40mm
M2		110mm	M6		65mm
M3		33mm	M7		55mm
M4		18mm	M8		68mm

Figura 12: Creación propia.

Para pavimentos flexibles, En cualquier caso, no se aceptarán en la capa asfáltica de superficie irregularidades superiores a 8 mm para caminos con TMDA = 1.000 veh/día y 10 mm para caminos con TMDA < 1.000 veh/día. Según ítem 5.408.304 (5) Lisura, del manual de Carretera.

**TABLA 5.408.304.H
MULTAS POR IRREGULARIDADES**

IRREGULARIDAD (mm)	MULTAS CON RESPECTO AL VALOR DE LA CAPA DE RODADURA EN EL AREA AFECTADA	
	Camino Principal TMDA ≥ 1.000 veh/día	Camino Secundario TMDA < 1.000 veh/día
5	10%	-
6	15%	2%
7	30%	5%
8	100% o se rehará	15%
9		25%
10		100% o se rehace

Figura 13: Manual de carretera volumen 5, control de lisura.

No se aceptarán losas de hormigón con irregularidades superiores a 8 mm para caminos con TMDA = 1.000 veh/día y 10 mm para caminos con TMDA < 1.000 veh/día. Según ítem 5.410.315(4) Lisura, del manual de Carretera. Tabla de multas según las irregularidades:

IRREGULARIDAD (mm)	MULTAS RESPECTO DEL VALOR DE LA CAPA DE RODADURA EN EL ÁREA AFECTADA	
	TMDA ≥ 1.000 veh/día	TMDA < 1.000 veh/día
5	10%	---
6	15%	2%
7	30%	5%
8	100% o se rehace	15%
9	100% o se rehace	25%
10	100% o se rehace	100% o se rehace

Figura 14: Manual de carretera volumen 5, control de lisura.

Como se puede observar el resultado de las lecturas del ensayo realizado sobrepasa el rango máximo de 8 mm que permite la norma, en todos los sectores de las vías, esto quiere decir que la superficie se encuentra en muy mal estado, en cuanto a la lisura de la superficie, no entregando la serviciabilidad esperada.

CAPÍTULO II

DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE CONCRETO

2.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE CONCRETO

La historia de los pavimentos de adoquines se confunde prácticamente con el inicio de nuestra civilización. aunque su uso en la pavimentación de caminos tuvo un papel preponderante en los países bajos, durante la década de los cincuenta, producto de perfeccionadas tecnologías de prefabricación en hormigón, se encuentra el adoquín como elemento básico constitutivo de los pavimentos articulados. Desde entonces, su empleo se ha incrementado notablemente, tanto en los países mencionados, como muchos otros países Europeos.

Durante muchos años, los adoquines de concreto se han empleado exitosamente para revestir caminos de tránsito pesado, como áreas de estacionamiento de aviones pesados, patios de carga de puertos y otros pavimentos en grandes áreas industriales. La dureza de los adoquines les proporciona además, considerable resistencia al impacto y no sufren daños estructurales a causa de los derrames de aceite.

2.1.1 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL:

Estudios realizados han demostrado que los pavimentos de adoquines presentan un comportamiento similar a los pavimentos flexibles, en lo que se refiere a las propiedades de distribución de tensiones y desarrollo de deformaciones.

Por ello, el modo de falla típica de estos pavimentos es la acumulación de deformaciones permanentes (ahuellamiento), provocadas por la repetición de cargas que sobrepasan la capacidad elástica de las capas estructurales del pavimento.

Por otra parte, en áreas propensas a hundimientos diferenciales del terreno, una superficie de adoquines de concreto se comporta de manera similar a un pavimento flexible, por esta razón son clasificados del tipo “Pavimentos flexibles”.

En Chile estos pavimentos son usados generalmente en la construcción de pasajes y calles; para este tipo de obras, la metodología de diseño se basa en las experiencias australianas que han tenido amplia aceptación internacional.

Conviene destacar que estas mismas experiencias han dado origen al método de diseño que recomienda el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.

Al igual que las alternativas anteriores, a continuación, se pretende dar a conocer los aspectos que son necesarios de considerar, en el diseño de pavimentos de adoquines.

2.1.2 TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS:

En el caso de los pavimentos de adoquines, la capacidad estructural de la superficie de rodado está dada fundamentalmente por la transmisión de esfuerzos entre elementos vecinos.

La trabazón es el mecanismo que permite la transmisión de esfuerzos entre los adoquines y se le define como la capacidad de estos elementos para resistir un desplazamiento relativo con respecto a sus vecinos.

Una buena trabazón le confiere a los adoquines la capacidad de transmitir las cargas superficiales aplicadas en áreas pequeñas, ampliando esta transmisión a áreas más extensas de la capa de subbase, lo cual mantiene las presiones en la subrasante dentro de límites admisibles.

Es importante mencionar el hecho de que la propiedad de distribución de cargas va mejorando con el uso, produciéndose hermeticidad (estado de trabazón total), por lo cual la capa de rodado va adquiriendo mayor rigidez y los adoquines gracias a esto pasan de ser una capa de desgaste a una capa estructural.

En la trabazón se distinguen tres tipos fundamentales como los mostrados en las siguientes figuras:

Trabazón vertical.

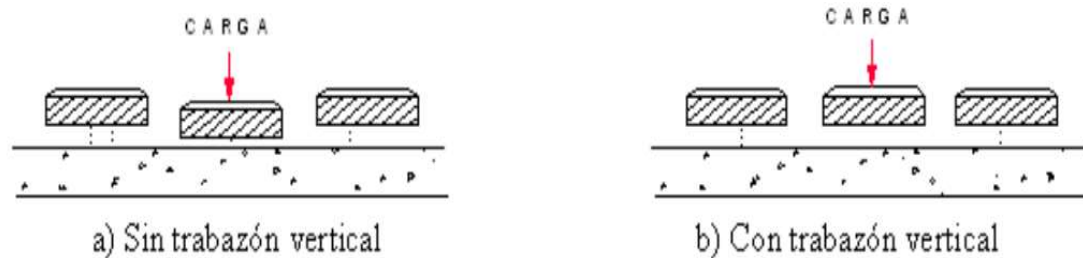


Figura 15; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

Trabazón rotacional.

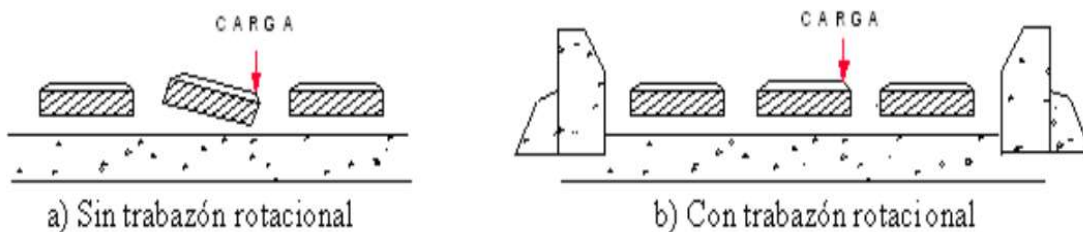


Figura 16; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

Trabazón horizontal

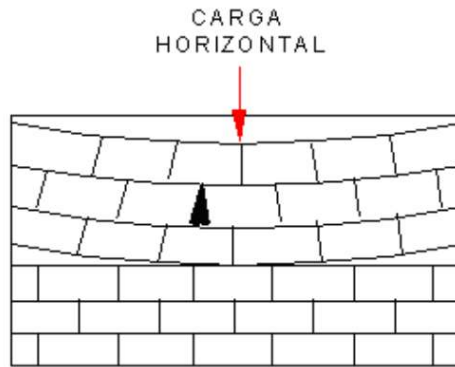


Figura 17; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE RODADO:

En general el comportamiento de un pavimento de adoquines depende de los siguientes factores:

- Forma de los adoquines.
- Espesor de los adoquines.
- Aparejo de colocación de los adoquines.
- Resistencia mecánica.
- Juntas entre adoquines.

2.2.1 FORMA DE LOS ADOQUINES:

En Australia se han realizado estudios que aseguran que los adoquines dentados con calce geométrico en sus cuatro costados proveen una mayor distribución de cargas, hecho que no considera así la escuela británica, que señala que estos no son mejores que los adoquines de bordes suaves. Sin embargo, en Chile debido a las extensas investigaciones realizadas en Australia, con pavimentos bajo tráfico dan mayor fuerza los argumentos de estos investigadores. Las formas que presentan los adoquines son de tres tipos como se muestra a continuación:

Tipo A: Se entrelazan entre sí en los cuatro costados, capaces de ser aparejados en “espina de pescado” y que, por su geometría plana, al unirse, resisten el desplazamiento relativo, tanto en sentido longitudinal como transversal.

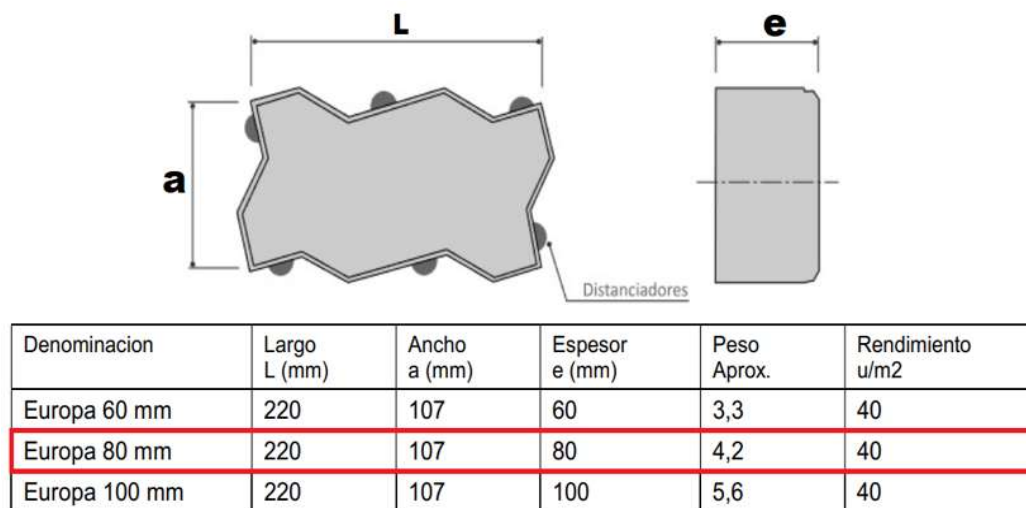


Figura 18; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

Tipo B: Estos se entrelazan en dos costados, que no pueden aparejarse en “espina de pescado” y que, por su geometría plana, resisten desplazamientos relativos solo en las caras paralelas a los ejes longitudinales, dependiendo de su precisión dimensional y de la precisión de colocación para que traben en las otras caras.

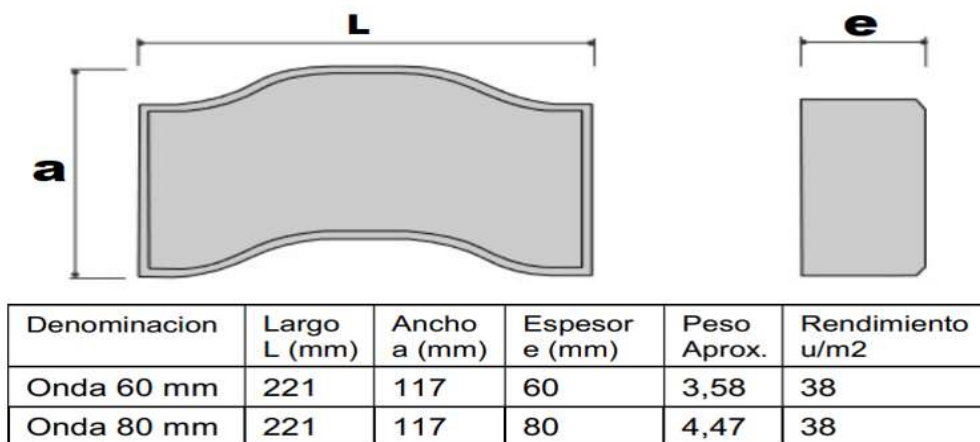


Figura 19; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

Tipo C: Las formas de este tipo de adoquín pertenecen a formas rectangulares u otras formas geométricas. La estabilidad que presentan estas formas a los desplazamientos relativos, dependerá de la forma de aparejarlos y del confinamiento lateral.



Figura 20; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

2.2.2 ESPESOR DE LOS ADOQUINES:

Diversos ensayos efectuados señalan que las deformaciones en el pavimento, son considerablemente menores en espesores de adoquines de 80 mm que 60 mm en igualdad de condiciones. Con respecto a los de 100 mm de espesor, el beneficio adicional no es tan acentuado. A continuación se muestran los resultados de uno de estos ensayos. Influencia del espesor de los adoquines en la deformación del pavimento

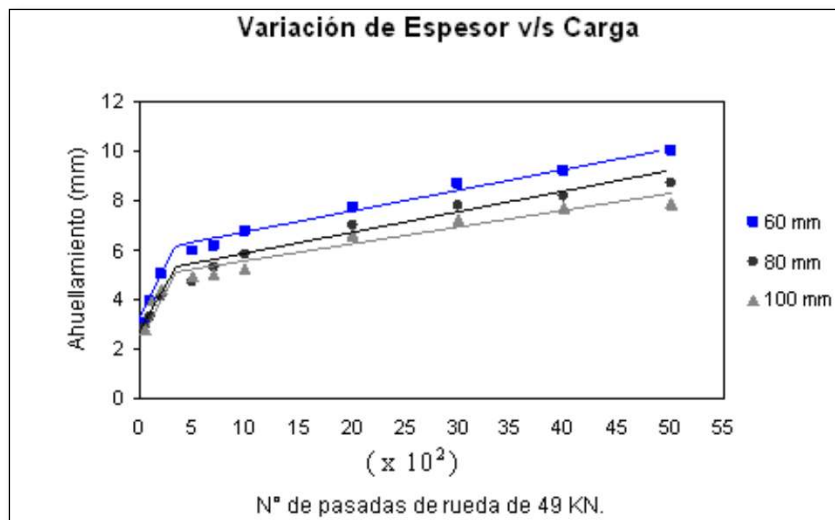


Figura 21; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

2.2.3 APAREJO DE COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES:

El aparejo de colocación de los adoquines es la forma de colocar los adoquines en conjunto, tal que puedan actuar como una estructura de pavimento flexible. Las formas típicas de aparejarlos son las que se muestran en seguida.

Aparejos más usados para colocar los adoquines



Figura 22; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines). ST: Sentido del tráfico

2.3 RESISTENCIA MECÁNICA:

Estudios demuestran que la resistencia a compresión de los adoquines no es muy influyente en el comportamiento de los pavimentos bajo cargas vehiculares, sin embargo, las resistencias recomendadas para tráfico ligero varían de 35 a 45 Mpa. En Europa y Estados Unidos sin embargo, se exigen resistencias que varían entre 50 y 60 Mpa.

2.4 RESTRICCIONES DE BORDE O CONFINAMIENTO

La restricción de borde o confinamiento es fundamental para mantener la traba entre los elementos y prevenir el deslizamiento lateral y la apertura de las juntas.

El confinamiento se puede llevar a cabo mediante la instalación de soleras, solerillas, soleras con zarpa, las que se instalan inmediatamente después de la compactación de la subbase.

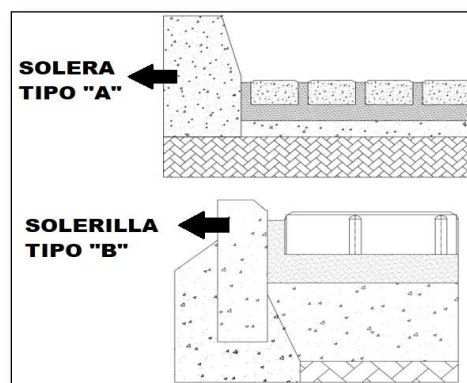


Figura 23; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

2.4.1 JUNTAS ENTRE ADOQUINES:

El ancho de las juntas y el material de sello tienen un importante rol en la transferencia de esfuerzos entre los adoquines. El ancho dentro del cual la respuesta estructural del pavimento es óptima varía entre 2 a 5 mm.

2.4.2 RELLENO DE LAS JUNTAS

Para el relleno de las juntas de los Adocreos, se debe depositar y distribuir arena fina y seca, (por ejemplo, arena negra fina o rubia) en toda la superficie de los Adocreos y se barre con el escobillón.

Se compacta en capas cruzadas (esta faena se repite las veces que sea necesario).



Figura 24

2.4.3 INFLUENCIA DE LAS CAPAS INTERMEDIAS:

Cama de arena

El objetivo básico de la cama de arena es servir de base para la colocación de los adoquines y proveer material para el sello de las juntas. Con respecto al espesor, ensayos demuestran que al disminuir el espesor de la cama de arena disminuyen las deformaciones verticales en el pavimento. En figura siguiente se muestran los resultados de esos ensayos. Influencia de la cama de arena en la deformación del pavimento.

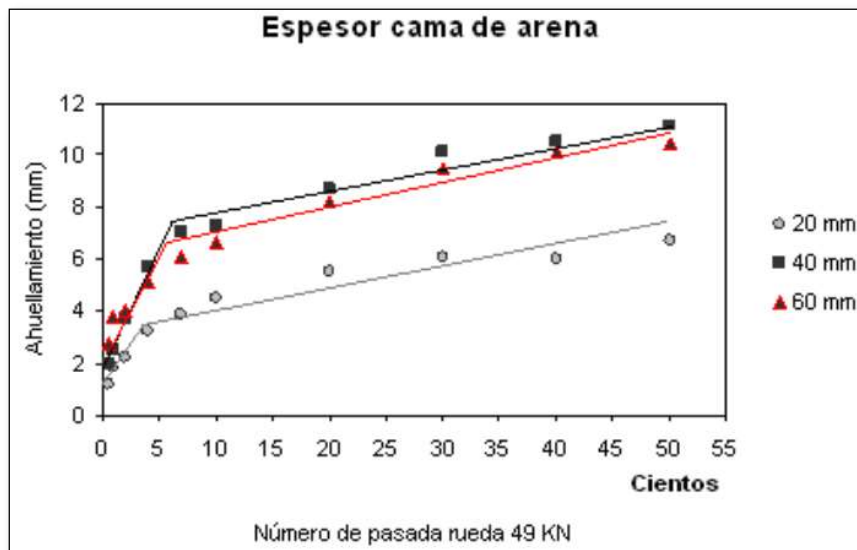


Figura 25; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

Subbase

La subbase es una capa intermedia entre la subrasante y la cama de arena. Consistente en suelo natural o mejorado y el objetivo de esta capa es absorber un porcentaje de carga, de tal modo de transmitirlas en menor intensidad al suelo natural, que generalmente posee menos capacidad de soporte. Otra función de esta capa, es servir de drenaje de las aguas superficiales y absorber el efecto de capilaridad de las aguas subterráneas, principalmente de napas freáticas.

2.5 ACCIÓN CLIMÁTICA:

Los efectos del clima sobre un pavimento de adoquines se dejan sentir fundamentalmente a través de:

Penetración de agua superficial.

La penetración de agua superficial a las capas inferiores del pavimento, puede ser perjudicial para un buen comportamiento de este si los materiales existentes o de empréstito son susceptibles de deteriorarse con la humedad.

Napa subterránea.

Al igual que en el caso de infiltración de agua superficial puede producir un deterioro en aquellos materiales susceptibles a la humedad y con ello un deficiente comportamiento del pavimento.

Efecto de las heladas.

Su efecto se manifiesta de dos posibles maneras:

Aumento de volumen por expansión de agua al congelarse en las épocas frías del año.

- Reducción de la capacidad resistente de los materiales de base durante el periodo de deshielo en la primavera.

Sin embargo, para que las heladas afecten de alguna manera al pavimento, se deben cumplir las siguientes tres condiciones (sin que falte ninguna).

- Baja temperatura ambiental por períodos largos.
- Penetración de agua dentro del pavimento.
- Materiales susceptibles de ser afectados por las heladas.

2.6 ESTRUCTURA TÍPICA DE UN PAVIMENTO DE ADOQUÍN:

Estructura típica de un pavimento de adoquín.

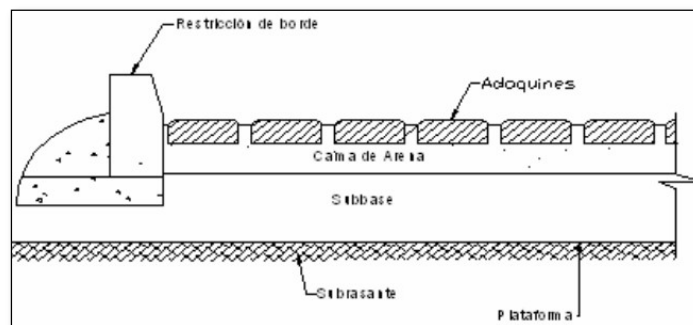


Figura 26; Fuente: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (Pavimentos de Adoquines).

2.6.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

Al ser una vía que no clasifica en una categoría que normalmente nos indica el manual de carretera, nos basaremos lo que nos exige el plan regulador de la comuna según el sector donde está emplazada la Universidad Federico Santa María Sede Concepción.

2.6.2 SOLICITACIONES DE TRÁNSITO:

De acuerdo al Plan Regulador Comunal de Hualpén – Estudio de Capacidad Vial, la categoría de la vialidad estructurarte de la Universidad Técnica Federico Santa María clasifica como vía Local.

TIPODE VIA	TRANSITO
LOCAL	200.000EE

Figura 27: Plan Regulador Comunal de Hualpén

2.6.3 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE:

- CBR=10,2%
- Material Fino Arena

2.6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN:

Para el análisis de la estructura del pavimento de adoquín se realizó en base al método del Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón Tráfico medio, liviano y peatonal.

- Clasificación de tráfico

Tipo de tráfico		Nivel de solicitación			Descripción	
Nivel	Categoría	EE/día	EEAx10 ⁶	Veh/día (1)		
Pesado	I	IA	>1000	>0,5	Estimar	Calles, caminos y accesos a desarrollos industriales, comerciales y otro con alta presencia de vehículos pesados.
		IB	<1000	>0,5	Estimar	
		IC	<200	>0,5	Estimar	
Medio	II	IIA	<60	>0,5	>5	Calles, caminos, pasajes, retornos, estaciones de servicio y espacios peatonales con presencia de vehículos pesados.
		IIB	<60	<0,5	<5	
Liviano Peatonal	III	IIIA	<5	--	<1	Áreas peatonales en que circulan eventualmente vehículos pesados como pasajes o calles de condominios. Estacionamientos de desarrollos comerciales, industriales, deportivos u otros que reciben vehículos pesados.
		IIIB	0	--	0	
	IV	0	--	0	Áreas peatonales, estacionamientos interiores a domicilios, parques y jardines, veredas, paseos peatonales.	

Figura 28: Plan Regulador Comunal de Hualpén

Clasificación de estructura

Tipo de Tráfico			Espesor de subbase granular, en mm, según CBR, en %					Espesor de base tratada (mm) (2)	Espesor de cama de arena (mm)	Clase de Adoquín mínima (3)
Nivel	Categoría		2	3	4	5	≥6			
Medio	II	IIA	400	350	250	150	150	150	40	80
		IIB								
Liviano	III	IIA	350	300	225	150	150	100	40	60
		IIA	250	150	100	100	0	100	40	60
		IIB	300	250	180	100	100	100	40	60
Peatonal	IV		200	150	130	100	100	100	40	60

Figura 29: Plan Regulador Comunal de Hualpén

2.6.5 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN:

Adoquín = 80 mm

Cama de Arena = 40 mm

Subbase Granular = 150 mm

Total Carpeta Estructural = 250 mm

Estratigrafía

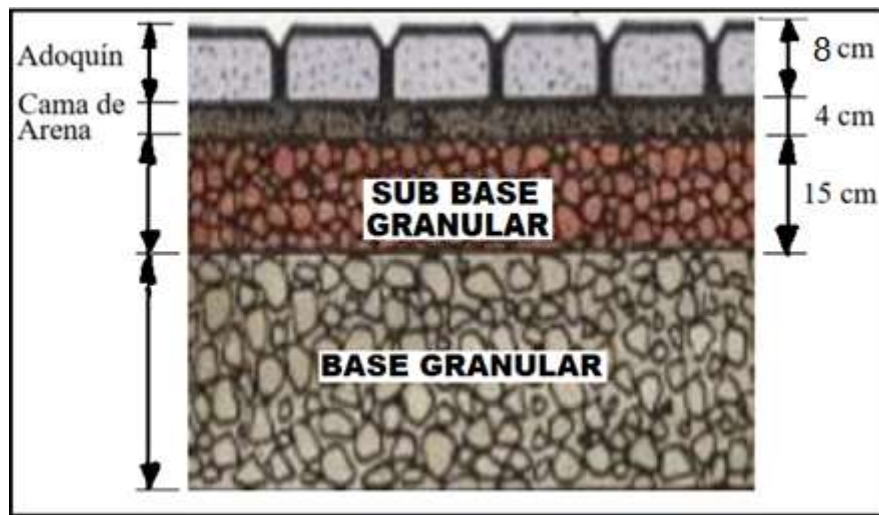


Figura 30; Fuente: <https://repository.ucatolica.edu.co>.

2.7 ANÁLISIS TÉCNICO DE VÍAS DE ADOQUINES

Ventajas:

- La gran variedad de formas, colores y texturas con que pueden ser fabricados los adoquines y la diversidad de aparejos que es posible usar, entregan al proyectista elementos que adecuadamente conjugados dan por resultado pavimentos muy atractivos. Utilizando diversos colores y texturas es posible incluir en la superficie señalizaciones o demarcar áreas para usos específicos, con la ventaja adicional de poder cambiarlos fácilmente en caso de ser necesario.
- Una combinación de baja relación agua-cemento, baja absorción y alta compacidad, características que poseen los adoquines fabricados industrialmente, permiten que estos elementos resistan mejor que otros tipos de pavimentos la acción agresiva de combustibles y aceites; además, les confieren una gran durabilidad que sobrepasa

normalmente la vida de diseño del pavimento. Esto último permite reutilizarlos en un gran porcentaje al reconstruir el pavimento.

- En el caso de los pavimentos de adoquines, la conservación se reduce a eliminar la vegetación que eventualmente aparezca en las juntas, reponer el sello de arena o corregir la regularidad superficial cuando ello sea necesario, lo que implica un costo muy bajo de mantención.
- Debido a la sencillez del proceso constructivo, no se requiere mano de obra especializada ni maquinaria especial.
- Por su rugosidad los pavimentos de adoquines tienen una mayor resistencia al deslizamiento que los pavimentos tradicionales.
- Los pavimentos de adoquines pueden ser rápidamente entregados al tránsito después de su colocación.

Desventajas:

- Aunque la subbase sea impermeable, al estar constantemente saturada de agua, esta inevitablemente fallará y presentará deformaciones, lo que hace impracticable esta solución.
- Para un pavimento de adoquines con altas solicitaciones de carga, el costo de construcción es elevado en relación a otras soluciones.
- Como la construcción se realiza básicamente en forma manual el rendimiento es, en general, inferior al obtenido en otros tipos de pavimentos, por lo que se requiere de gran cantidad de mano de obra en cuando la superficie a pavimentar es muy amplia

Tipo de Pavimento	Costo de Construcción	Tiempo de Construcción	Tiempo de curado	Costo de Mantención	Durabilidad	Superficie impermeable	Características
Asfalto	Medio	Medio	Bajo	Alto	Alta	Si	Reciclados Cepillados
Hormigón	Alto	Medio	Alto	Alto	Alta	Si	Cepillados
Adoquines	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alta	No	Variedad Reutilizables

Figura 31

2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA SOLUCION

Estas estimaciones de valores van desde el análisis de precio unitarios hasta el presupuesto detallado de esta solución que se ha dividido en diversas actividades que la constituyen, se ha cubicado y actualizado el costo de cada una de ellas, obteniendo el presupuesto por sumatoria.

El precio unitario, es la determinación del costo de una unidad de obra, ya itemizada y cubicada (ver anexo 2), para la elaboración de este precio hay que considerar 3 aspectos:

- Materiales
- Mano de obra
- Maquinarias y equipos.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

3 DEFINICIONES BÁSICAS

Los proyectos de urbanización deben considerar la solución de los problemas que puedan producir las aguas lluvias en la zona a urbanizar, utilizando para ello las obras y elementos técnicos necesarios. Debido a que en las zonas urbanas la solución de este tipo de problemas involucra la participación de varios factores, es necesario conocer los conceptos básicos que puedan ayudar a entender el diseño en cuestión.

3.1.1 Colector de aguas lluvias

Es un sistema de elementos de conducción, formada por tuberías y cámaras, que reciben el agua desde los sumideros y la conducen hacia un punto de entrega, los colectores pueden ser superficiales o subterráneos. Los tubos de los colectores subterráneos son generalmente circulares prefabricados de materiales como mortero de cemento comprimido, fibrocemento, P.V.C. y otros materiales autorizados. Pueden considerarse otros tipos de sección y construidos en terreno de acuerdo a las condiciones de proyecto y los costos involucrados.

Los colectores deben proyectarse con cierta pendiente para permitir el flujo de las aguas por gravedad, pero esta pendiente no debe ser extrema, para así evitar velocidades excesivas y riesgo de erosión.

3.1.2 Cámaras de inspección de aguas lluvias

Las cámaras de inspección son elementos hormigón armado, diseñadas con orificios y añadiduras específicas para realizar empalmes con tuberías de ALL, ya sean de P.V.C., C.C.C. o H.D.P.E.. Estas se colocarán con criterios similares a los establecidos para una red de alcantarillado de aguas servidas.

Estas cámaras son indispensables para la correcta operación y mantención de los colectores subterráneos.

El diseño de las cámaras será de acuerdo a la Norma Chilena NCh 1623 Of. 80, la que define dimensiones para cámaras Tipo a y Cámaras Tipo b, según la profundidad total. Las tapas también se dimensionarán de acuerdo a esta norma.

Las cámaras se colocarán de manera de asegurar que los tubos entre ellas sean siempre rectos y uniformes. Para ello obligadamente debe considerarse una cámara al menos en las siguientes situaciones:

- ♣ Al inicio de la red.
- ♣ Cuando corresponda cambio de diámetro en el colector.
- ♣ Cuando corresponda un cambio de pendiente del colector.
- ♣ Cuando se requiera un cambio de orientación o dirección del colector.

- ♣ Cuando corresponda cambio del material del tubo.
- ♣ Cuando se necesite intercalar una caída o cambio de nivel brusco del tubo.
- ♣ Cuando confluyan dos o más colectores.
- ♣ En tramos rectos cada 120 metros como máximo.

Una misma cámara, podrá utilizarse para resolver una o más de las situaciones indicadas anteriormente.

3.1.3 Sumideros

La solución de aguas lluvias debe considerar elementos para captar y conducir el escurrimiento superficial de las calles. Los sumideros son los encargados de captar el caudal generado en la superficie del loteo.

La capacidad máxima de los sumideros depende del tipo, tamaño y diseño de la rejilla. Su capacidad hidráulica se puede estimar suponiendo que funcionan hidráulicamente como vertederos para pequeñas alturas de agua y como orificios

para alturas de agua mayores. Colocados en una calzada con pendiente no siempre logran captar toda el agua que viene por ellas aunque teóricamente dispongan de capacidad para ello.

Cuando no se cuenta con los antecedentes necesarios para realizar una solución por sumideros, es necesario recurrir a factores que minimizan la capacidad de captación y por ende hacen más conservador el diseño.

Los sumideros a utilizar son los tipos aprobados por el SERVIU, los cuales serán seleccionados según los requerimientos de tránsitos, seguridad peatonal y vehicular, mantención y costos.

Los tipos de sumideros aceptados por el SERVIU son:

- a) Sumideros horizontales, con rejilla, ubicados en la cuneta. Funcionan efectivamente dentro de un rango amplio de pendientes de la calle, pero las rejillas se obstruyen con facilidad y pueden generar inconvenientes para ciclistas y peatones. Tipos S3 y S4 del SERVIU.
- b) Sumideros laterales de abertura en la solera. Funcionan admitiendo objetos arrastrados por la corriente, pero su capacidad decrece con la pendiente, de manera que no se recomiendan para calles con pendientes longitudinales superiores al 3%. Pueden confeccionarse a partir del tipo S2 del SERVIU si se elimina la abertura horizontal en la cuneta. Cuando se utilice este tipo de

sumidero de recomienda aumentar la pendiente transversal de la calzada en la zona de la cuneta.

- c) Sumideros mixtos. Combinan aberturas horizontales en la cuneta y laterales en la solera. Se recomiendan para un amplio rango de condiciones. Tipos S1 y S2 del SERVIU.

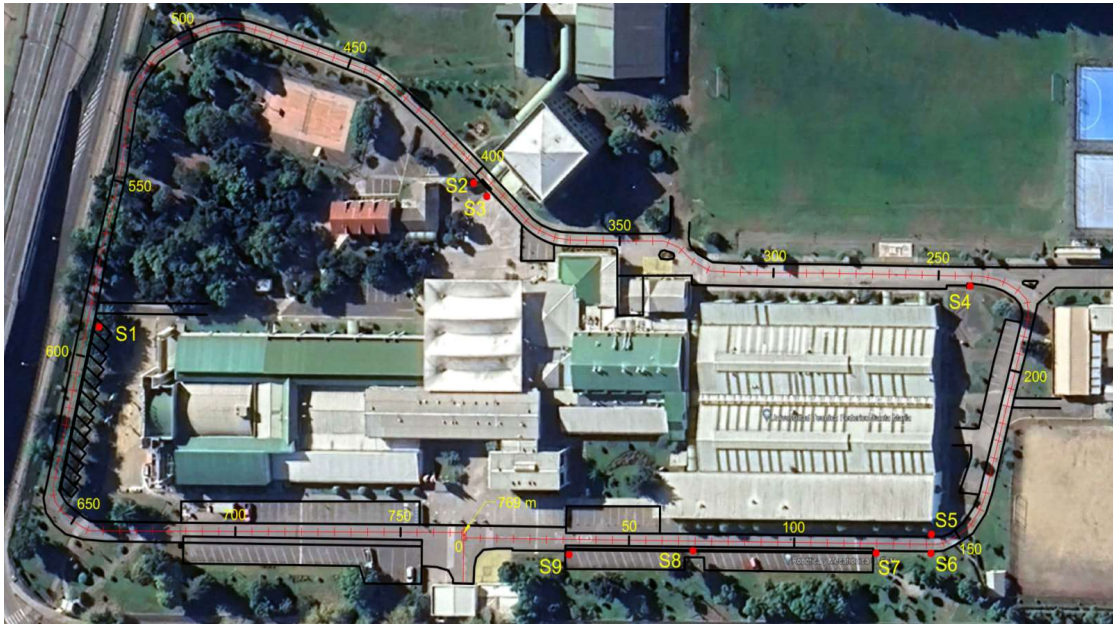


Figura 32; Ubicación sumideros – Fuente propia

Las obras de almacenamiento se utilizan para disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo por medio de la retención temporal y el almacenamiento controlado en zonas especialmente dispuestas y diseñadas para esto. Son muy efectivas en lograr reducir los gastos máximos en relación a los que provocaría una tormenta sin ellas, aunque no tiene efecto sobre el volumen total de escorrentía, ya que solo lo postergan temporalmente. Se recomienda emplear este tipo de solución cuando no se dispone de capacidad de infiltración en el suelo o cuando los volúmenes de infiltración son importantes.

Cabe señalar que requieren de aguas relativamente limpias para evitar la acumulación de basura, y así no afecte su correcto funcionamiento.

Según la normativa vigente, se consideran como obras de almacenamiento los estanques y las lagunas.

Los estanques de retención pueden ser superficiales o enterrados, construidos aguas abajo de la zona a la cual sirven. Estas obras reciben el caudal generado por una tormenta superficialmente o por medio de colectores. Se diseñan de manera que se

vacíen totalmente después de un período relativamente corto una vez que pasa la tormenta y por lo tanto la mayor parte del tiempo se encuentran vacíos o secos. Se trata de una adaptación de los embalses de control de crecidas, con elementos que permiten su empleo en zonas urbanas. Estos estanques se consideran del tipo secos ya que, en general, no tienen una zona permanentemente llena de agua, y si la tienen, es de tamaño reducido.

3.1.4 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración de una cuenca es el que debe transcurrir desde el inicio de una tormenta de intensidad uniforme para que toda la superficie de la cuenca aporte al escurrimiento a la salida. Puede estimarse como el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca una onda del flujo que parte desde el lugar hidráulicamente más alejado de la sección de salida.

El conocimiento del tiempo de concentración es de interés ya que al seleccionar tormentas de duraciones mayores al tiempo de concentración se asegura que la superficie aportante es la máxima.

Las fórmulas utilizadas para determinar el tiempo de concentración corresponden a las expresiones que más se acomodan a la situación de la superficie.

Algunas de las ecuaciones utilizadas para estimar el tiempo de concentración se encuentran en la Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias del 2005 y en la publicación

Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos, de 1996 en los cuales recomiendan utilizar las siguientes expresiones:

Nombre	Fórmula para T_c en minutos	Observaciones
Kerby	$T_c = \left(\frac{2Ln}{0,914\sqrt{i}} \right)^{0,467}$ L: Distancia que recorre la partícula más alejada (m) n: Rugosidad del terreno i: Pendiente media	
Kirpich	$T_c = 0,0195 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$ L: Distancia desde el punto de descarga de la cuenca al punto hidráulicamente más alejada (pies) S: Pendiente promedio de la cuenca	Desarrollada con dato SCS para áreas rurales Tennessee
California Culverts Practice	$T_c = 60 \left(0,87 \frac{L_1^3}{H} \right)^{0,385}$ L: Longitud del cauce principal en km H: Diferencia de elevación en m entre el comienzo del cauce principal y el punto estudiado.	Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Morgali y Linsley	$T_c = 7 \frac{L^{0,6} n^{0,6}}{i^{0,4} S^{0,3}}$ L: Longitud del cauce principal en metros n: Coeficiente de Manning S: Pendiente en porcentaje I: Intensidad de la lluvia en [mm/hr]	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas. El método requiere iteraciones debido a que la intensidad de la lluvia y el tiempo de concentración son desconocidos.

Figura 33: Expresiones para calcular el tiempo de concentración.

Independiente de la fórmula a utilizar, el tiempo de concentración no podrá considerarse menor que 5 minutos, por lo que a la fórmula a utilizar se le agregará un tiempo base de 10 minutos.

3.1.5 Lluvias de diseño

Una tormenta es un conjunto de intervalos de lluvia producido por una situación meteorológica favorable. El número de horas sin lluvia que separa una tormenta de otra es un valor arbitrario, pero típicamente se supone que lapsos del orden de seis a ocho horas sin lluvia determinan eventos diferentes. Las características principales de este episodio, desde la perspectiva de usar la información para diseñar sistemas de drenaje urbano, son su duración, magnitud total, variación de la intensidad en el tiempo y variación de la lluvia en el espacio. Se entiende por lluvia de diseño una tormenta de duración, magnitud e intensidad para cada intervalo predefinidos, tales que las obras funcionan adecuadamente frente a una lluvia similar o menor, y pueden presentar fallas frente a eventos peores. Peores puede referirse en este caso a eventos más largos, más intensos o de mayor magnitud.

3.1.6 Curvas intensidad-duración-frecuencia de lluvias

El diseño hidráulico de las obras de drenaje urbano requiere el uso de las llamadas curvas intensidad-duración-frecuencia de lluvias (IDF). Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia y son útiles para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente de cuencas pequeñas esencialmente impermeables, en función de la lluvia caída. Estas curvas tienen usualmente una forma de tipo exponencial, donde la intensidad, para una misma frecuencia, disminuye a medida que aumenta la duración de la precipitación. Es corriente incorporar en el mismo gráfico las curvas asociadas a diferentes frecuencias, en forma paramétrica, para obtener la familia de curvas de un lugar en un mismo gráfico.

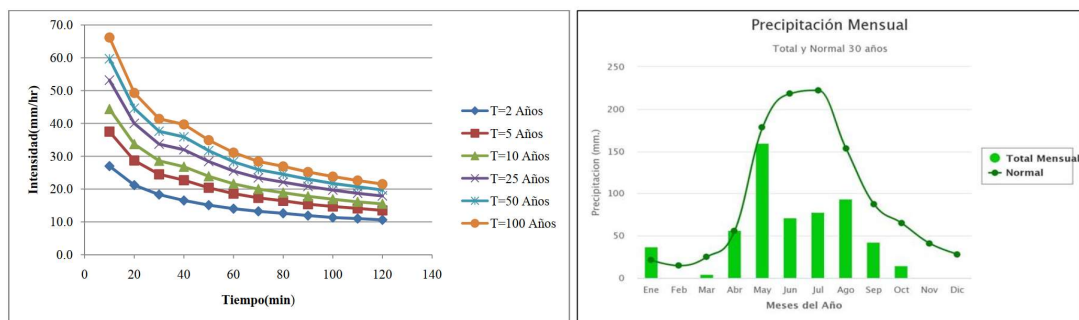


Figura 34: Curvas IDF, Comuna de Concepción

Para determinar estas curvas se necesita contar con registros continuos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, para realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los histogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un

año y de estos histogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas más lluviosas y así sucesivamente. Con estos valores se forman series de la hora más lluviosa de cada año con registro, de las dos horas más lluviosas, etc. Cada una de estas series se somete a un estudio de frecuencia, asociando a cada serie un modelo probabilístico, o bien una frecuencia empírica. Ello da como resultado una asignación de probabilidad a la lluvia correspondiente a cada duración

3.1.7 Método Racional

Este método propuesto por Mulvaney en 1850, ha tenido y tiene bastante aplicación para estimar el caudal de diseño en cuencas urbanas y rurales pequeñas, debido a su evidente lógica, aun cuando tiene limitaciones teóricas. Ha sido recomendado para cuencas menores de 1.000 Há., pero se reportan casos de aplicación a cuencas del orden de 30.000 ha. Este método establece que el caudal máximo es proporcional a la lluvia de diseño y el tamaño de la cuenca aportante. La gran ventaja de este método es su simplicidad, lo que se traduce en que el resultado fácilmente controlado en función de variables observables, de tal forma que ha sido muy utilizado como método de comparación. Independientemente del empleo de otros procedimientos más sofisticados se recomienda siempre comparar los resultados con los que entrega el método racional.

El caudal máximo en un determinado Tr se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = C * I * A$$

Q: Caudal a la salida de la cuenca L/s.

I: Intensidad de la lluvia en l/s/hora.

A: Area de la cuenca o area aportante en ha

C: Coeficiente de escorrentía, adimensional.

El método racional supone básicamente lo siguiente:

El caudal de escurrimiento es un punto cualquiera, es función del promedio de intensidad de lluvia durante el tiempo de concentración.

El “PEAK” de la lluvia ocurre en el tiempo de concentración.

- Existen lineamientos y constancia del coeficiente de escorrentía “C”.
- Se debe destacar que este método usa solo promedios de las intensidades de lluvia que prevalecen durante el tiempo de concentración. Este promedio no tiene relación con el modelo de lluvia específico.

A pesar de la aparente facilidad y simplicidad del método la determinación adecuada del coeficiente de escurrimiento y de la intensidad de la lluvia de diseño, implica un cuidadoso y juicioso análisis en cada caso

3.1.8 Área aportante

El área aportante comprende toda aquella superficie que aporta agua a un cauce común.

Como en la mayoría de las ocasiones el agua que cae sobre la superficie lo hace en forma vertical, es la proyección horizontal del área, perpendicular a la trayectoria de la lluvia, la que se estima. Este parámetro usado en el método racional, es el único que puede ser determinado con exactitud y su medición puede realizarse por observación directa en el terreno, mapas o aerofotografía.

Los límites de estas superficies dependen de las pendientes existentes y de las realizables artificialmente con el propósito de conducir el agua a los sumideros correspondientes, estos límites rara vez coinciden con las partes altas de la cuenca

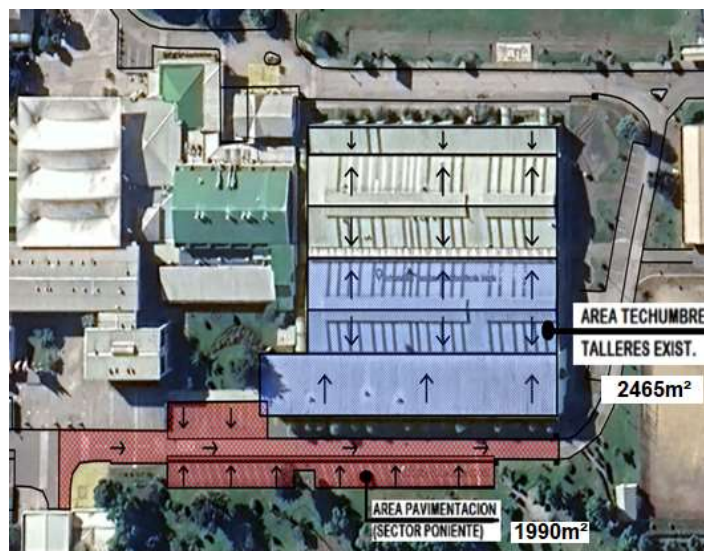


Figura 35: Fuente: <https://www.google.com/earth/about>



Figura 36: Calle Sur Poniente (costado Poniente Talleres) de Universidad



Figura 37: Calle Sur Poniente de Universidad (sector estacionamiento).

- La cubierta del área de los talleres de la Universidad está compuesta por planchas de acero galvanizado (pre pintado blanco en ambas caras) y planchas traslucidas de policarbonato monolítico tipo PV4. **Área aprox. 2465m² (0,25 ha)**
- El área de los pavimentos indicados, estarán compuestos de (1990m² → **0,20ha**):
 - área Estacionamientos adoquines (oriente); 770m²
 - área Estacionamientos Asfalto (Poniente); 430m²
 - calle Adoquines; 790m²

3.1.9 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se define como la fracción del volumen total de agua caída que escurre sobre la superficie del suelo, sin infiltrarse ni evaporarse sobre las áreas de estas superficies. Este coeficiente depende de las características del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración, nivel de urbanización, entre otros. Para zonas ya urbanizadas se puede estimar el coeficiente de escorrentía de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
Calles			
Asfalto no poroso	0,70	0,82	0,95
Hormigón	0,80	0,87	0,95
Adoquín de cemento sobre arena	0,50	0,60	0,70
Maicillo, ladrillo	0,30	0,40	0,50
Techos			
Zinc, latón, metálicos en general	0,85	0,90	0,95
Tejas, pizarras, cemento asbesto	0,70	0,80	0,90
Patios			
Baldosas, hormigón	0,80	0,87	0,95
Tierra, sin cobertura	0,50	0,60	0,70
Parques, plazas y jardines			
Prados, suelo arenoso	0,05	0,12	0,20
Prados, suelo arcilloso	0,15	0,25	0,35

Figura 38; Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Departamento de Obras Urbanas, "Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias". Edición 2005

3.2 Cálculo de esorrentía

- Límite de Propiedad Universidad técnica Federico Santa Maria

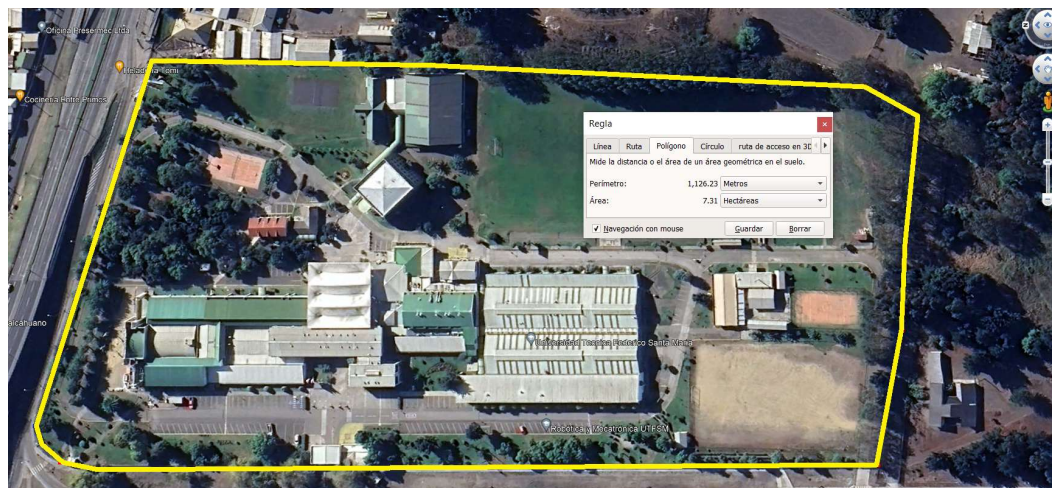


Figura 39; Fuente: Manual de carreteras, Volumen 3, Coeficiente de esorrentía

- **Determinación Coeficiente Escorrentía SIN PROYECTO**

$$C = \sum \frac{C_i \times A_i}{A_T}$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía ponderado

A_i : Área de la superficie de características i.

C_i : Coeficiente de escorrentía que corresponde a la superficie tipo i.

A_T : Área total

DETERMINACIÓN COEFICIENTE ESCORRENTÍA SIN PROYECTO		
TIPO SUPERFICIE	AREA (m ²)	COEFICIENTE ESCORRENTIA
Terreno Natural (Suelo Arenoso)	73068	0,12
TOTAL (m ²)	73.068	
TOTAL (ha)	7,31	C = 0,12

CALCULO DE CAUDAL EN TERRENO SIN PROYECTO		
Q = C * I * A		
C =	0,12	
I =	198,2	PERIODO DE RETORNO V/S TIEMPO DURACION (Lts/s/ha)
A =	7,31	(ha)
Q =	173,8	L/S

- **Determinación Coeficiente Escorrentía CON PROYECTO**

DETERMINACIÓN COEFICIENTE ESCORRENTÍA CON PROYECTO		
TIPO	AREA	COEFICIENTE
SUPERFICIE	(m²)	ESCORRENTIA
CALLES - Adoquin de cemento	5900	0,6
CALLES - Asfalto	1950	0,82
AREA VERDE	57025	0,6
CUBIERTA - Zinc	1175	0,9
ESTACIONAMIENTOS - Adoquin de cemento	910	0,87
ESTACIONAMIENTOS -Asfalto	900	0,82
VEREDA - Hormigon	2500	0,87
Canchas Hormigon	2.700	0,87
TOTAL (m²)	73.060	
TOTAL (ha)	7,31	C = 0,64

CALCULO DE CAUDAL EN TERRENO CON PROYECTO		
$Q = C * I * A$		
C =	0,64	
I =	198,2	PERIODO DE RETORNO V/S TIEMPO DURACION (Lts/s/ha)
A =	7,31	(ha)
Q = 920,9 L/S		

3.3 Estimación de la curva IDF a partir de datos de lluvias diarias

Este procedimiento requiere de dos etapas. Primero es necesario obtener una estimación de la lluvia diaria, representativa del lugar de interés, asociada a un período de retorno dado, normalmente de 10 años. Luego, a partir de este valor se estiman valores asociados a otras duraciones y a otras frecuencias, haciendo uso de coeficientes de duración y de frecuencia. Los coeficientes de duración se definen como la razón entre la lluvia de una duración dada y la lluvia diaria de la misma frecuencia.

Análogamente, los coeficientes de frecuencia se definen como la razón entre la lluvia de una determinada frecuencia y la lluvia de 10 años de periodo de retorno de la misma duración, manual de carreteras.

INTENSIDAD (mm/h)									
T	P (mm)	CD	t (min)	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
2	87,7	0,059	5	62,0	82,9	96,4	113,4	125,9	138,3
5	117,2	0,087	10	46,0	61,5	71,6	84,2	93,4	102,6
10	136,4	0,106	15	37,3	49,9	58,1	68,3	75,8	83,3
25	160,5	0,122	20	32,0	42,8	49,8	58,6	65,0	71,4
50	178,1	0,144	30	25,3	33,9	39,4	46,4	51,4	56,5
100	195,7	0,163	40	21,5	28,7	33,4	39,3	43,7	48,0
		0,179	50	18,8	25,1	29,2	34,4	38,2	41,9
		0,19	60	16,7	22,3	25,9	30,5	33,8	37,2
		0,307	120	13,5	18,0	20,9	24,6	27,3	30,0

INTENSIDAD (lt/s/ha)									
T	P (mm)	CD	t (min)	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
2	87,7	0,059	5	171,6	229,5	267,1	314,2	348,7	383,1
5	117,2	0,087	10	127,3	170,3	198,2	233,2	258,7	284,2
10	136,4	0,106	15	103,3	138,2	160,9	189,2	210,0	230,7
25	160,5	0,122	20	88,6	118,4	137,9	162,2	180,0	197,7
50	178,1	0,144	30	70,1	93,8	109,1	128,4	142,5	156,5
100	195,7	0,163	40	59,5	79,6	92,6	109,0	120,9	132,8
		0,179	50	52,0	69,6	81,0	95,3	105,7	116,2
		0,19	60	46,1	61,7	71,8	84,5	93,7	103,0
		0,307	120	37,3	49,8	58,0	68,3	75,7	83,2

Figura 40: Tabla Intensidad-duración-frecuencia, estación Carriel Sur.

3.3.1 Cálculo de caudal aportante

Obtenido todos los datos ya mencionados anteriormente se procede a obtener el cálculo de los caudales del sector en estudio, con y sin proyecto, todo esto para saber cuál es la cantidad de agua superficial que ya no se infiltra debido a las zonas impermeables que alteran la escorrentía natural del agua, este dato ayudara al dimensionamiento de la nueva red de aguas lluvias.

con la realización del cálculo de caudal obtenemos la cantidad de agua que queda sobre la superficie y a la cual debemos dar una solución por la alteración hídrica que se produjo mediante la construcción de zonas impermeables

3.3.2 Estrategia de diseño

Con la obtención de las medidas de los perfiles transversales y longitudinal se identificaron los puntos bajos de la calzada dato relevante a la hora de diseñar la

colocación de los sumideros consiguiendo el máximo beneficio al momento de la recolección de agua lluvias.

Para el diseño de la red secundaria de aguas lluvias se toma en consideración lo señalado en el Manual de Técnicas de diseño de redes, capítulo 5

3.3.3 Alcance

Los proyectos de urbanización deben considerar la solución de los problemas que puedan producir las aguas lluvias en la zona a urbanizar, utilizando para ello las obras y elementos técnicos necesarios. Debido a que en las zonas urbanas la solución de este tipo de problemas involucra la participación de varios actores, esta normativa tiene por fin velar porque las soluciones sean coherentes con el entorno, se adecuen a soluciones más generales y eviten conflictos de intereses con terceros. La aplicación de esta norma tiene los siguientes objetivos generales

- Mantener vigentes en el mediano y largo plazo las soluciones estructurales del drenaje de aguas lluvias y el Plan Maestro elaborado para el sector a urbanizar.
- Solucionar los problemas generados por las aguas lluvias en los lugares en que estos se originan, sin traspasarlos hacia aguas arriba o aguas abajo, evitando que se afecte o traspase el problema a terceros.

Lograr soluciones eficaces con costos razonables de inversión, operación y mantención.

Incorporar las soluciones de los problemas de aguas lluvias de manera armónica con el proceso de urbanización.

3.3.4 Orientación para la selección de obras de la red secundaria

Existen diferentes opciones de obras para la captación, regulación y transporte de las aguas lluvias en la red secundaria. Para la selección de las más apropiadas debe considerarse algunas restricciones que condicionan su funcionamiento. Para ello se propone para una primera selección de las opciones considerar.

Los suelos tipo A son aquellos con buenas características de infiltración (gravas y arenas limpias). Los suelos tipo B presentan tasas de infiltración moderadas, siendo suelos de textura gruesa con presencia de finos.

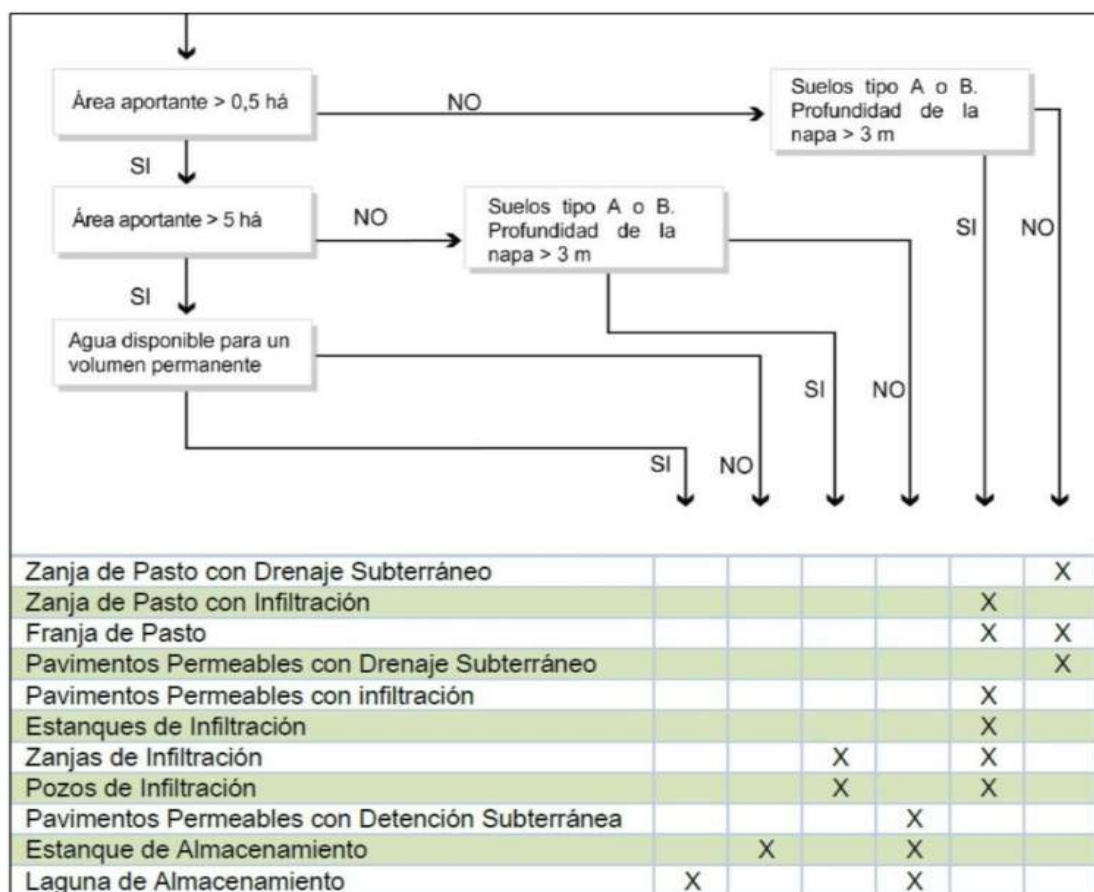


Figura 41

3.3.5 Propuesta de solución de red secundaria de aguas lluvias

La solución generada para este caso es el estudio de una red “paralela” a implementar al circuito de aguas lluvias existente que recibirá un porcentaje del caudal aportante de la calzada de la universidad técnico federico-santa maría siendo posteriormente acumuladas en un estanque enterrado.

El sistema de almacenamiento temporal de escorrentía procederá principalmente de techos y calles. Mediante esta técnica se consigue desconectar estas aguas de la red principal, disminuyendo así el caudal a circular por la red de aguas lluvias existente.

La carpeta vegetal y el tipo de suelo (arenoso) ayudara a la rápida absorción de las aguas lluvias.

El cálculo de las dimensiones del estanque de acumulación y posterior zanja de infiltración se puede encontrar en el manual del SERVIU capítulo 4 punto 4.2.2, donde se explican todos los parámetros a tener en consideración para su diseño y las dimensiones requeridas para acumular el caudal aportante ya anteriormente obtenido.

3.3.6 Parámetros a tener en consideración

La cantidad de lluvia con periodo de retorno X año y duración de 24 horas (Plan maestra del sector o manual de carreteras).

Tabla 3.1.2.2: Precipitaciones Máximas para 10 años de periodo de retorno, según D.G.A. (1994), Precipitaciones Máximas en 1,2 y 3 días.

Zona Climática y región	Ciudad	Código BNA	Nombre Estación	Precipitaciones (mm)		
				24 hrs	48 hrs	72 hrs
Desierto Árido						
I. Tarapacá	Arica	1310098	Arica Chacalluta DMC	1,9	2,2	2,3
	Iquique	1820098	Iquique Cavancha	1,5	1,5	1,5
II. Antofagasta	Antofagasta	2760098	Antofagasta U.Norte	6,5	7,0	7,0
	Calama	2111098	Calama DMC	10,0	10,0	10,0
III. Copiapó	Copiapó	3450098	Copiapó DMC-DGA	25,1	25,4	25,4
	Vallenar	3823051	Vallenar DMC	32,7	39,0	40,5
Semiárida						
IV. Coquimbo	La Serena	4335050	La Serena DMC	60,3	76,7	81,9
	Ovalle	4551096	Ovalle Aeródromo	70,3	88,5	95,4
	Illapel	4726050	Illapel DOS DMC	78,2	99,9	110,9
V. Valparaíso	Valparaíso	5510097	Valparaíso Pta. Angeles	83,3	117,3	134,4
	Los Andes	5410051	Los Andes DMC	82,9	114,6	138,9
	San Antonio			87,4	119,2	136,4
Mediterránea						
R. Metropolitana	Santiago	5730097	Stgo. Quinta Normal	71,0	98,4	118,6
VI. de B.O'Higgins	Rancagua	6010051	Rancagua DMC	68,5	99,5	131,1
VII. Maule	Talca	7378096	San Luis Talca	93,2	135,0	165,8
	Curicó	7118050	Curicó Gral. Freire	113,6	153,0	189,6
	Linares	7358051	Linares DOS	123,1	176,9	215,3
	Constitución	7384098	Constitución	119,6	166,5	204,0
VIII. Bio Bio	Concepción	8220098	Concepción	105,1	143,0	172,8
	Chillán	8117051	Chillán	107,3	149,7	185,8
IX. Araucanía	Temuco	9129098	Temuco Maquehue	82,3	105,2	118,5
Templada Húmeda						
X. de los Lagos	Pto. Montt	10425050	Pto. Montt	81,9	118,2	138,9
	Valdivia	10123052	Valdivia-Pichoy	102,9	159,3	191,1
Templada H. Oceánica	Castro	10901098	Castro	89,3	123,1	151,6
XI. Gral. Carlos Ibáñez	Coyhaique	11316050	Coyhaique Tte. Vidal	67,8	101,3	118,6
	Pto. Aysén	11342050	Pto. Aysén DGA	173,4	242,6	291,5
Fria H. Oceánica						
XII. Magallanes	Pta. Arenas	12586050	Pta. Arenas Naval	54,0	74,5	80,1

Figura 42; Fuente: Manual de Carreteras, Volumen 3, Periodo de retorno 10 años.

Intervalo de tiempo promedio en años en que se excede las precipitaciones máximas diarias para diferentes periodos de retorno

T	Estación Concepción Carriel Sur		Estación Nonguén	
	P. máxima diaria (mm)	Intervalo de recurrencia	P. máxima diaria (mm)	Intervalo de recurrencia
2	73,8	1,79	80,4	2,22
5	98,9	4,76	100,6	4,76
10	115,5	8,33	113,1	33,33
25	136,4	16,67	128,1	33,33

Figura 43; Fuente: Periodo de Precipitación por “x” años, plan comunal de Hualpén

El promedio máximo de precipitaciones para un periodo de 10 años es de 115,5mm queriendo decir que en la primera 24 hora de una precipitación intensa que se repite cada 10 años el nivel de precipitación que puede llegar a caer es de 115,5mm

Coefficiente de frecuente:

especifica de cual recurren puede ocurrir la eventualidad, para este proyecto es calculado a 10 años. Consideramos la eventualidad para la comuna de concepción ya que es la más cercana a la comuna de Hualpén, siendo el valor 1.00. esta información se puede encontrar en el manual de carretera volumen 3.

Tabla 3.1.2.4: Coeficientes de frecuencia para lluvias de igual duración.

Ciudad (1)	Periodo de Retorno (Años)						
	2	5	10	20	50	100	200
Linares	0.62	0.85	1.00	1.14	1.33	1.48	1.63
Constitución	0.62	0.85	1.00	1.14	1.33	1.48	1.63
Concepción	0.63	0.85	1.00	1.14	1.32	1.46	1.60
Chillán	0.69	0.88	1.00	1.11	1.25	1.35	1.45
Temuco	0.67	0.87	1.00	1.12	1.27	1.39	1.51
Pto. Montt	0.72	0.89	1.00	1.10	1.22	1.31	1.40
Valdivia	0.70	0.89	1.00	1.11	1.24	1.34	1.44
Pta. Arenas (2)	0.65	0.86	1.00	1.14	1.31	1.44	1.57
Pto. Williams (2)	0.65	0.86	1.00	1.14	1.31	1.44	1.57

Figura 44; Fuente: Manual de carreteras, Volumen 3, Coef. De Frecuencia

Coeficiente de duración de la precipitación (valor de una hora), que sirven como datos estadísticos de frecuencia con lo que puede ocurrir en la precipitación.

3.3.7 Coeficiente de seguridad

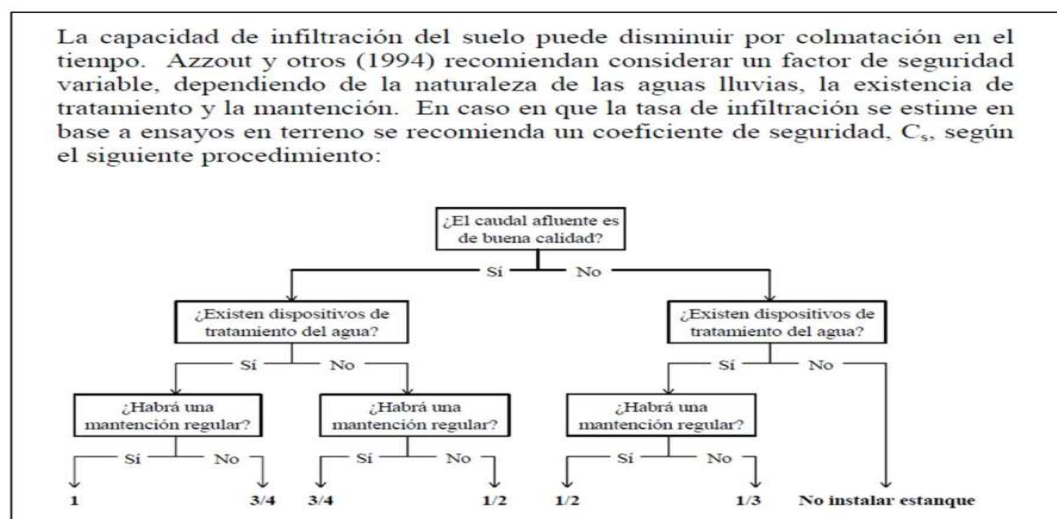


Figura 45; Fuente: Manual de Carreteras, Volumen 3, Capacidad de infiltración

Para el proyecto se utiliza un factor de seguridad de 0.75%

3.4 DISEÑO DE COLECTORES

Los colectores se diseñan en función de los caudales que escurren en cada uno de ellos, considerando que dicho caudal es la suma de caudales de los afluentes. Esta hipótesis es válida para caudales de igual período de retorno y tiempo de duración de la lluvia igual al tiempo de concentración. Para el dimensionamiento de las obras proyectadas se utiliza la fórmula de Manning, dada por la siguiente expresión

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} A(Rh)^{2/3}$$

Donde:

Q : Caudal de porte en m³/seg

i : Pendiente en m/m

n : Coeficiente de Manning

A : Área mojada en m²

Rh : Radio hidráulico en metros

Tipo de superficie	Coeficiente n
Tubos de plástico	0,011
Tubos de cemento asbesto	0,012
Calles de hormigón y asfalto	0,015
Techos	0,018
Jardines	0,025
Superficies de tierra	0,030

Figura 46: El coeficiente de Manning adoptado es $n = 0,011$ para tuberías de HDPE.

3.4.1 DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

El proyecto de urbanización debe considerar una respuesta a los problemas que se puedan producir por las aguas lluvias en la superficie a urbanizar, al evaluar la solución del sistema de evacuación es necesario considerar todas las externalidades negativas que se producen, y que obras y elementos técnicos serán los necesarios para subsanar estas problemáticas.

En el diseño de las obras de drenaje urbano se abordan dos aspectos. Por un lado, se dimensionan las obras de manera que puedan responder los objetivos de la solución bajo los parámetros de la entidad correspondiente que los evaluará, y por otra se verifica que las dimensiones proporcionadas puedan hacer frente a situaciones extremas de tormenta pero que pueden ser posibles. En este capítulo se da a conocer la metodología de trabajo para el diseño y verificación de cada una de las obras que formarán el sistema de drenaje de aguas lluvias. La red de evacuación de aguas y sus

elementos se han proyectado y dimensionado de manera que operen bajo los criterios señalados en la "Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias", el "Plan Maestro de Aguas Lluvias de la Comuna de Los Ángeles", en conjunto con la publicación de "Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos".

3.4.2 CAPACIDAD DE PORTEO EN CALLES Y DE SUMIDEROS

Capacidad hidráulica de calles Las calles, veredas y otros componentes destinados al tránsito de personas o vehículos reciben una parte importante de las lluvias. En el caso de este proyecto se consideran como los elementos iniciales del sistema de drenaje para el loteo ML1, siendo los principales en elementos que logran conducir las aguas superficialmente. Debido a que su función principal no es conducir las aguas lluvias, se debe tener especial precaución para evitar posibles disfuncionalidades que impidan el tránsito expedito de los peatones y vehículos, considerando de manera singular las capacidades de conducción de aguas y la forma de evacuarla hacia los sistemas de drenaje definidos. Para el diseño de la red secundaria de aguas lluvias se debe verificar que las calles no conduzcan cantidades importantes de aguas lluvias, de manera que las áreas y profundidades de inundación de las calles en condiciones de tormentas menores, de períodos de retorno de 2 años, no sobrepasen ninguna de las indicadas en tabla de Figura 47

Tipo de vía vehicular	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas menores
Todos los tipos	- No sobrepasar el nivel de la solera. -El ancho de la cuneta inundada no debe sobrepasar de 1.0m.

Figura 47: Condiciones de diseño para tormentas menores

El exceso de agua debe necesariamente ser conducido por el sistema de drenaje. Por ello el proyecto debe contar además con suficientes sumideros, adecuadamente espaciados, que eviten que el agua escurra, se concentre y acumule en las calles por sobre los límites indicados anteriormente. Junto con las condiciones establecidas previamente, con el fin de evitar riesgo para las personas, o daños a la propiedad pública o privada, se debe verificar que para tormentas mayores, con período de retorno de 100 años, las inundaciones provocadas por las aguas lluvias en las calles, no sobrepasen las condiciones que se indican en la tabla de Figura 48

Tipo de vía vehicular	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas mayores
Todos los tipos	- La inundación no debe alcanzar la línea de edificación ni en el nivel ni en la extensión. - La velocidad media del flujo no debe sobrepasar los 2 m/s. - La altura de agua en cualquier punto de la sección transversal de la calle no debe exceder de 0,3 m si la velocidad media es inferior a 1 m/s, ni de 0,2 m si es mayor a 1,0 m/s.
Pasajes	- La profundidad máxima no debe exceder de 0,2 m y la velocidad media debe ser inferior a 1,0 m/s.
Locales y de Servicio	- El nivel del agua no debe sobrepasar la solera.
Colectoras y Troncales	- Debe quedar al menos una pista libre de agua.

Figura 48: Condiciones de diseño para tormentas mayores

3.4.3 Sección transversal de calles proyectadas

Las calles reúnen y conducen hacia la red de drenaje las aguas lluvias que precipitan sobre ellas. Adicionalmente en las zonas de aguas en una urbanización pueden recibir aguas lluvias que precipitan sobre los terrenos circundantes, para conducirlos a la red de drenaje, aunque esta práctica no es recomendable ya que termina transformando las calles en colectores superficiales de aguas lluvias. Para evitarlo sólo se permite una cantidad reducida de agua en las calles, limitada por las restricciones impuestas a las condiciones de diseño para tormentas menores, o las de inundación máxima para tormentas mayores según la sección del presente capítulo.

Todos los diseños buscan minimizar el riesgo de inundación de tal manera facilitar el tránsito peatonal y vehicular sobre las calzadas y facilitar la captación de las aguas lluvias a través de los sumideros. Con el fin de generar una conducción de aguas lluvias sin inconvenientes, en los bordes de la calzada se forma una cuneta con la solera y la superficie del pavimento. La capacidad hidráulica de esta cuneta estará definida por la pendiente transversal del pavimento y la pendiente longitudinal de la calle. Para el presente loteo se ha definido la siguiente sección transversal, según el plano de arquitectura, la cual se verificará bajo las condiciones mostradas en las figuras 49 y 50.

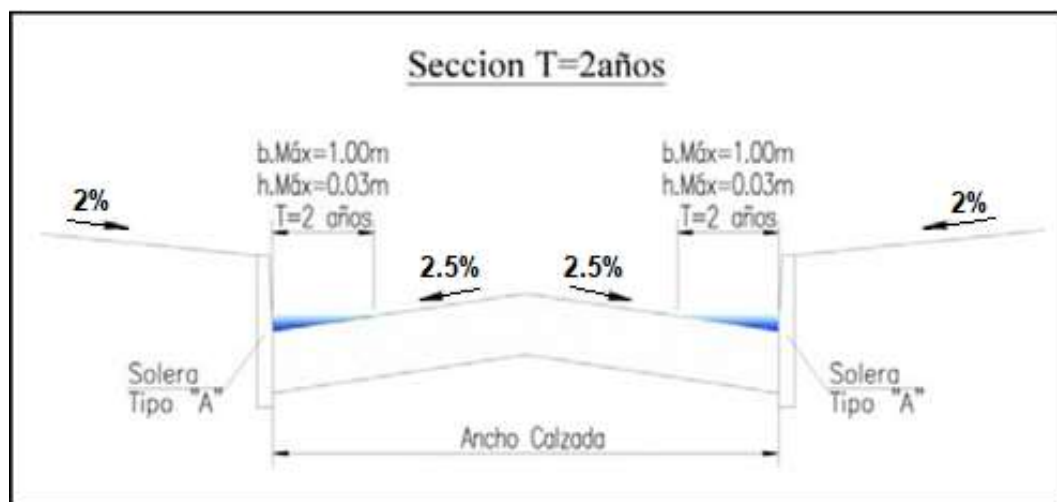


Figura 49: Sección Transversal Calle Tipo, Tormentas menores Período de Retorno T=2 Años

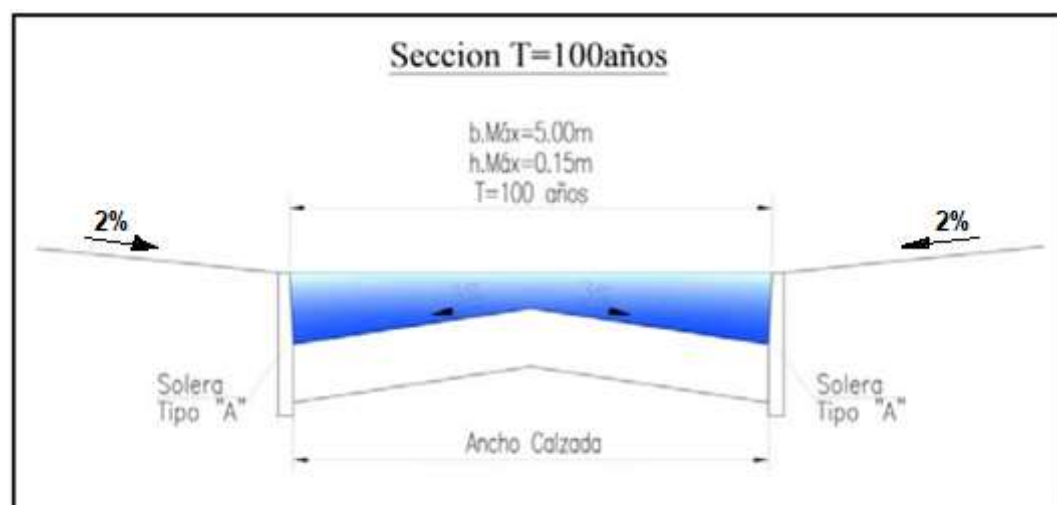


Figura 50: Sección Transversal Calle Tipo, Tormentas mayores Período de Retorno T=100 Años

Según lo establecido en la Figura 49 (sección transversal) y considerando que las calles de la Universidad corresponden a calles locales, se toman como parámetros de diseño las siguientes condicionantes:

Tormentas menores

El espejo de agua generado entre la solera y el pavimento no puede superar un ancho de 1,0 m. así el tránsito peatonal no se verá afectado por la lluvia y no se necesitará un gran esfuerzo al momento de cruzar de un extremo de calzada a otro.

Tormentas mayores

El nivel del agua no debe sobrepasar el nivel de la solera, además la velocidad media del flujo no puede sobrepasar los 2,0 m/s, de esta forma se asegura que el flujo no desborde por las soleras y afecte más allá de las líneas oficiales, y por ende a la propiedad privada. Bajo estas condiciones se puede realizar un primer diseño de áreas tributarias, en donde cada vez que se alcance un espejo de agua de 1,0 m sea ubicado un sumidero que capte el agua e impida que el espejo de agua aumente por sobre el máximo permitido. Este proceso fue elaborado mediante la aplicación de la fórmula de Manning, en conjunto con la fórmula Racional, para así determinar el área tributaria que puede portear cada tramo de calle.

Para lograr desarrollar un método de verificación de porteo en calles es necesario identificar las variables que inciden en ésta. A través de la fórmula Racional, la fórmula de Manning y su descomposición se puede obtener las siguientes variables:

$$Q = CIA$$

$$Vm = \left(\frac{Am}{Pm} \right)^{2/3} \left(\frac{\sqrt{i}}{n} \right)$$

$$H = \left(\frac{Qn}{10.28\sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

$$B = 33,3H$$

$$Am = \frac{BH}{2}$$

$$Pm = H + B$$

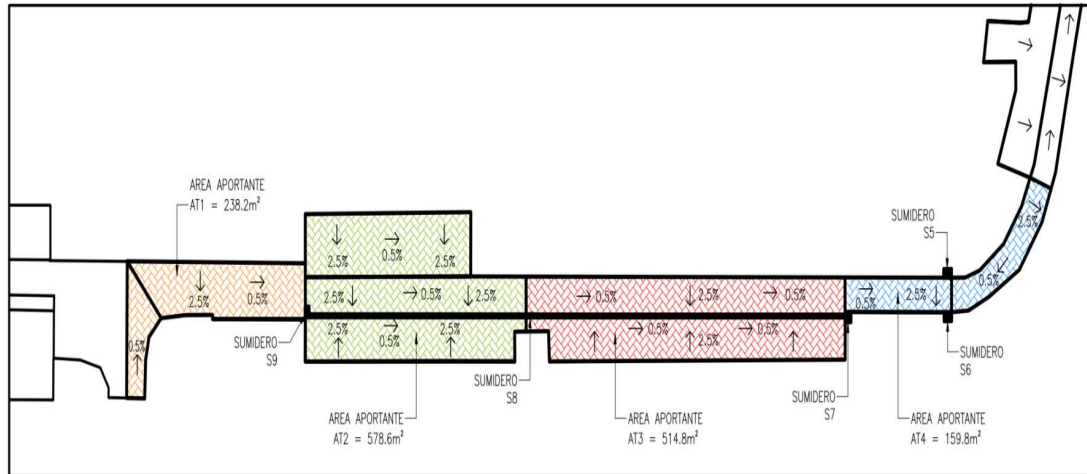
Donde:

- A: Superficie del área tributaria en Há
- C: Coeficiente de escorrentía
- I: Intensidad de precipitación en mm/hr
- H: Altura de escurrimiento en metros
- B: Ancho de escurrimiento en metros
- Am: Área mojada en metros
- Pm: Perímetro mojado en metros
- Vm: Velocidad media del flujo en m/s
- i: Pendiente longitudinal del tramo en m/m
- Q: Caudal del flujo en m³/s
- n: Coeficiente de rugosidad.

Junto con las fórmulas anteriormente propuestas, como premisa se considera que el tiempo de concentración para cada tramo a verificar es de Tc=10 minutos. Este valor se utiliza para seleccionar la Intensidad de precipitación a través de las curvas IDF de la Comuna de Hualpen, la cual adopta un valor de I=58.1 mm/hr para un Tr=10 años.

Adicionalmente se utiliza el coeficiente de escorrentía ponderado, calculado de $C=0,64$.

Una vez identificados y seleccionados los datos, se puede iterar un primer valor de áreas tributarias. En la figura 3 se presenta el diseño de áreas aportantes del pavimento, la cual muestra que superficie será captada por cada sumidero.



PLANTA AREAS APORTANTES AGUAS LLUVIAS - SECTOR PONIENTE

Figura 51: Capacidad hidráulica de captación de sumideros

La capacidad hidráulica de captación de los sumideros depende de su tipo, pero también de su ubicación, la pendiente de la calle, las características del flujo y los sedimentos que lleve el agua. Es necesario por lo tanto emplear factores de reducción para tomar en cuenta estos efectos. Factores del orden de 0,5 son razonables si no se dispone de mayores antecedentes.

Unos de los factores más importantes al momento de determinar la capacidad máxima de los sumideros, es el tipo, tamaño y diseño de la rejilla. Su capacidad hidráulica se puede estimar suponiendo que funcionan hidráulicamente como vertederos para pequeñas alturas de agua y como orificios para alturas de agua mayores. Colocados en una calle con pendiente no siempre logran captar toda el agua que viene por ellas aunque teóricamente dispongan de capacidad para ello. Es por eso que se toman las siguientes consideraciones:

- **Un sumidero horizontal**, puede evacuar como máximo un caudal Q_m (m^3/s):

Si funciona como vertedero	Si funciona como orificio
$h < 1,6 \frac{A}{L+2b}$	$h \geq 1,6 \frac{A}{L+2b}$
$Q_m = 1,66(L + 2b)h^{1,5}$	$Q_m = 2,66Ah^{0,5}$
Donde: L: Largo a lo largo de la cuneta en metros b: Ancho transversal a la calle en metros A: Área de aberturas de rejilla en m^2 h: Altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero en metros	

- **Un sumidero lateral**, puede evacuar como máximo un caudal Q_m (m^3/s):

Si funciona como vertedero	Si funciona como orificio
$h < a$	$h \geq a$
$Q_m = 1,27Lh^{1,5}$	$Q_m = 2,66Lah^{0,5}$
Donde: L: Largo a lo largo de la cuneta en metros a: Altura de abertura vertical en metros h: Altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero en metros	

Para el caso del estudio se utilizarán los sumideros tipo S1 y S2, los cuales corresponden a sumideros mixtos, por lo que su Q_m se calcularía bajo la siguiente expresión:

$$Q_m = 1,27Lh^{1,5}$$

A su vez, es necesario asumir que los sumideros no necesariamente logran captar el caudal correspondiente a su capacidad máxima. En la realidad, los sumideros captan solo parte del escurrimiento que escurre por la cuneta, la fracción no captada escurre aguas abajo y debe agregarse al caudal que recibe la calle, quedando por lo tanto para el siguiente sumidero. En términos de diseño se habla de la eficiencia de un sumidero E, como la proporción que es capaz de captar del caudal que escurre por la cuneta.

La eficiencia global del sumidero depende principalmente de las características geométricas de la cuneta, de las características geométricas del sumidero y de la magnitud del caudal que escurre por la cuneta.

La Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias, propone la tabla 3, en donde muestra las eficiencias para los sumideros aprobados por el SERVIU.

Características	Sumidero S1 ó S2	Sumidero S3 ó S4	Sum. especial SERVIU
Sumidero Horizontal			
Largo L, en metros	0,98	0,66	3,00
Ancho b, en metros	0,41	0,41	0,70
Área libre, rejilla Fe laminado, m2	0,22	0,15	0,93
Sumidero Lateral			
Largo L, en metros	0,98	-	3,00
Altura a, en metros	0,10	-	0,10
Eficiencia de Sumideros			
Condición de diseño (1m en la cuneta) para cualquier pendiente longitudinal	0,90	0,80	1,00

Figura 52: Características y eficiencias de sumideros aprobados por SERVIU

Con los parámetros y fórmulas presentadas anteriormente se puede determinar cuánto caudal es captado por los sumideros. En planilla siguiente se muestra la verificación de porteo de calles junto con la verificación de captación hidráulica de calles, además de una imagen representativa de la ubicación de los sumideros proyectados (Figura 53).

3.5 Verificación de porteo de calles y Verificación de captación hidráulica de calles

ITEM	TIPO DE CALZADA	i TRANSVERSAL	PROYECCION CUNETA	i TRANSVERSAL CUNETA	T.C. TIEMPO DE CONCENTRACION - min	I INTENSIDAD (lts/s/ha)	C COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
1	CALLE 1-AT1	2,5	NO	-	10	198,2	0,64
2	CALLE 1-AT2	2,5	NO	-	10	198,2	0,64
3	CALLE 1-AT3	2,5	NO	-	10	198,2	0,64
4	CALLE 1-AT4	2,5	NO	-	10	198,2	0,64

					CALLE	PASAJE		
ITEM	AREA APORTANTE (ha) EN TRABAJO	Q caudal (m³/h) Q = C * I * A	N RUGOSIDAD - por tabla	i PENDIENTE LONGITUDINAL	h ALT. ESCUADRA (m) $h = [(Q*N)/(10,28*v)]^{1/3}$	h ALT. ESCUADRA (m) $h = [(Q*N)/(20,987*v)]^{1/3}$	$\alpha = \arctg (i \text{ Transv.})$	$\beta = 90 - \alpha$
1	0,02382	0,0030	0,015	0,50	0,0264	-	1,43	88,57
2	0,05786	0,0073	0,015	0,50	0,0369	-	1,43	88,57
3	0,05148	0,0065	0,015	0,50	0,0353	-	1,43	88,57
4	0,01598	0,0020	0,015	0,50	0,0228	-	1,43	88,57

	CALLE	PASAJE				
ITEM	(B) - ANCHO ESCUADRA (m) $B = tg(\beta) * h$ escuadra	(B) - ANCHO ESCUADRA (m) $B = 2 * tg(\beta) * h$ escuadra	$A_m = (\text{ancho escuadra} * H \text{ escuadra}) / 2$ AREA MOJADA (m²) - CALLE	$A_m = (\text{ancho escuadra} * H \text{ escuadra})$ AREA MOJADA (m²) - PASAJE	Pm PERIMETRO MOJADO (m) CALLE	Pm PERIMETRO MOJADO (m) PASAJE
1	1,057	-	0,0140		1,08	-
2	1,474	-	0,0272		1,51	-
3	1,411	-	0,0249		1,45	-
4	0,910	-	0,0104		0,93	-

S1/S2						
ITEM	VELOCIDAD (m/s) $V = \{[(A_m/P_m)^{2/3} * (f_i / \text{long}^{0,5} / N)]\}$	ALTURA EN SOLERA (m) (idem a h escuadra)	TIPO DE SUMIDERO S1/S2 - S3/S4	Qm CAUDAL MAXIMO (m³/s)	$h < a$ $Q_m = 1,27 * L * (h^{1,5})$	$h \geq a$ $Q_m = 2,66 * L * a * ((h)^{0,5})$
1	0,26	0,0264	S1/S2	0,005	0,005	0,042
2	0,32	0,0369	S1/S2	0,009	0,009	0,050
3	0,31	0,0353	S1/S2	0,008	0,008	0,049
4	0,23	0,0228	S1/S2	0,004	0,004	0,039

S3/S4						
ITEM	$h < 1,6 * (A / (L + 2 B))$ $Q_m = 1,66 * (L + 2 B) * (h^{1,5})$	$h \geq 1,6 * (A / (L + 2 B))$ $Q_m = 2,66 * A * ((h)^{0,5})$	EFICIENCIA SUMIDERO	Qs CAUDAL DE SALIDA (m³/s) Qs = Q * Eficiencia	ΔQ VARIACION DE CAUDAL $\Delta Q = Q - Q_{\text{salida}}$	CUMPLE
1			0,9	0,0027	0,00030	CUMPLE
2			0,9	0,0066	0,00073	CUMPLE
3			0,9	0,0058	0,00065	CUMPLE
4			0,9	0,0018	0,00020	CUMPLE

Figura 53: Verificación de porteo de calles y Verificación de captación hidráulica de calles



Figura 54. Ubicación de sumideros proyectados (verificación de ubicación actual de sumideros)

3.6 VERIFICACIÓN DE COLECTORES

3.6.1 Trazado de colectores

Conociendo el esquema típico y luego de determinar el punto de conexión más factible para el proyecto, es necesario proyectar el emplazamiento de las redes, de tal manera que satisfaga todos los puntos en donde se deba captar la escorrentía. Para esto fue necesario mantener la ubicación de los sumideros existentes y proyectar las tuberías de conexiones entre ellos para encausar las aguas hacia los estanques de acumulación respectivamente calculados.

En la Figura 55 se da a conocer el trazado propuesto, junto con todos los elementos que conforman la red de drenaje

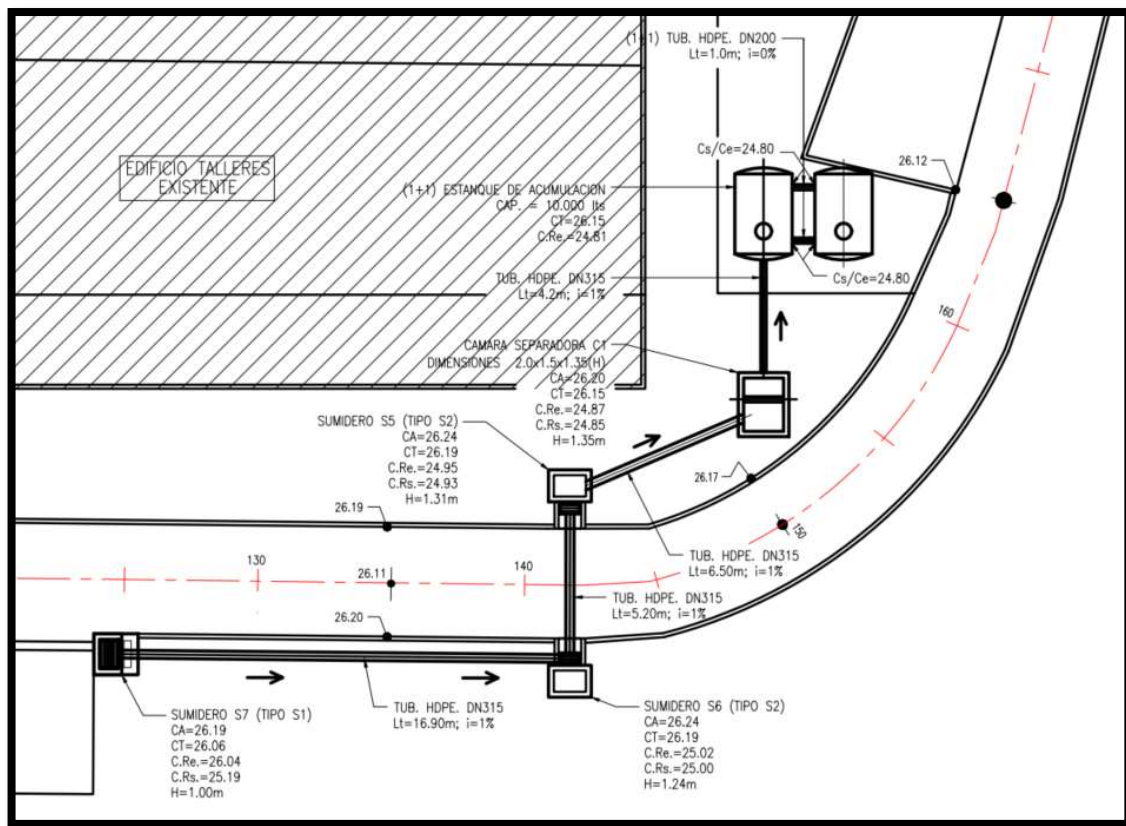


Figura 55: trazado captación de Aguas Lluvias

3.6.2 Condiciones de diseño de Colectores de Aguas Lluvias.

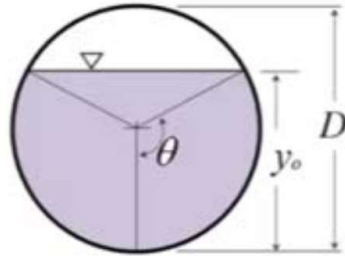
Para condiciones de diseño y verificación de los colectores secundarios funcionarán con escurrimiento libre. El diámetro de los tubos se selecciona de manera que para el caudal máximo de diseño la altura de agua sea igual o menor que 0,8 veces el diámetro D.

Algunas de las consideraciones a adoptar para el diseño y verificación de colectores son:

- El diámetro mínimo de los colectores debe ser 315 mm.
- La velocidad máxima del escurrimiento no debe sobrepasar 3 m/s.
- La velocidad mínima del escurrimiento no debe ser inferior a 0,9 m/s para las condiciones de diseño. Para ello deberá adoptarse la pendiente de fondo correspondiente para los tubos. Para tuberías nacientes se acepta una velocidad mínima de 0,6 m/s según información entregada en la página Web del MINVU.

La fórmula Racional es la utilizada para estimar el caudal de diseño la tubería naciente, considerando un Tc inicial de 10 minutos.

Junto con la fórmula racional también es necesario la utilización de la fórmula de Manning, con el fin de determinar la altura de escurrimiento en la tubería y la velocidad del flujo. Previo a la estimación de la altura de escurrimiento es necesario encontrar el valor de Theta θ , el cual corresponde al resultado de medir el ángulo desde el centro de la tubería y la tangente de la altura de agua en la tubería, tal como muestra la Figura 55



Esquema de tubería

Para calcular el valor de θ se utiliza la siguiente ecuación iterativa de Manning, debidamente despejada, dicha fórmula es la que se utiliza en el software Hcanales:

$$\theta = \frac{2}{D^2} \left(\frac{nQ}{\sqrt{S}} \right)^{3/5} (D\theta)^{2/5} + \frac{1}{4} \sin(2\theta) + \frac{1}{2} \theta$$

Donde:

- D : Diámetro de la tubería en metros
- n : Coeficiente de Manning
- Q : Caudal en m^3/s
- S : Pendiente de la tubería en m/m

Una vez calculado el ángulo θ , se puede encontrar el valor de la Altura de escurrimiento “y”

$$y = \frac{D}{2} (1 - \cos \theta)$$

Donde:

- D : Diámetro de la tubería metros
- θ : Ángulo Theta en radianes
- y : Altura de escurrimiento en la tubería en metros

Por último, para estimar la velocidad del flujo en la tubería, se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{\frac{D^2}{4} \left[\theta - \frac{1}{2} \sin(2\theta) \right]}$$

Donde:

- D : Diámetro de la tubería en metros
- θ : Ángulo Theta en radianes
- Q : Caudal en m³/s
- V : Velocidad del flujo en m/s

Para el cálculo de caudales en la tubería que no correspondan a un tramo inicial se utilizan las mismas fórmulas presentadas anteriormente, pero además al tiempo de Concentración se le suma tramo a tramo el tiempo de viaje. Lo anterior se calcula de la siguiente forma:

$$Tv = \frac{L}{60V}$$

$$Tc = Tc \text{ tramo anterior} + Tv$$

Donde:

- Tv : Tiempo de Viaje en min
- L : Longitud del flujo en metros
- V : Velocidad del flujo en m/s
- Tc : Tiempo de Concentración en min

Porcentaje de la tubería inundada

Como se mencionó anteriormente es de suma importancia el respetar que la altura de agua sea igual o menor que 0,8 del diámetro. Esto con el fin de asegurar que ante tormentas de mayor magnitud las tuberías no colapsen ante el flujo del agua en su interior y otros factores, para poder estimar el porcentaje inundado se utiliza la siguiente fórmula:

$$H/D = \frac{y}{D}$$

Donde:

- y : Altura de escurrimiento según fórmula de Manning
- D : Diámetro de la tubería en metros
- H/D : Porcentaje inundado de la tubería

3.6.3 Caudal máximo de porteo

Además de encontrar el valor del Caudal de diseño, también es necesario indicar cuál es el caudal máximo que puede portar la tubería en cuestión. Esto estará determinado por su material, pendiente y su diámetro. Según la Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias del 2005, esto se puede estimar con la siguiente fórmula:

$$Q = 0,3 \frac{D^{8/3} I^{1/2}}{n}$$

Donde:

- Q : Caudal máximo de porteo de la tubería en m³/s
- D : Diámetro de la Tubería en metros
- n : Coeficiente de rugosidad del material de la tubería
- I : Pendiente longitudinal del tramo de tubería en m/m

Verificación Hidráulica de Colectores

Con las fórmulas entregadas anteriormente, se puede generar los respectivos y verificación de caudales de Porteo de cada tramo.

CAPÍTULO IV
DISEÑO DE SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS
MEDIANTE
ESTANQUE DE ACUMULACION

4 ESTANQUE DE RETENCIÓN

Las obras de almacenamiento cumplen una función primordial al momento de mitigar caudales aguas abajo. En el caso de la Universidad, este tipo de alternativa proporciona una solución integral y complementaria cuando las condiciones de diseño son favorables.

Como antecedentes iniciales, se cuenta que la universidad está ubicada en la comuna de Hualpén, con una superficie de 7.31 ha, la cual se le asigna un coeficiente de escorrentía ponderado de $C=0,64$, por medio de lo calculado Calculo de escorrentía de este documento.

Para poder estimar el caudal que regulará el estanque para un período de retorno de $Tr=10$ años, a partir de el Plan Maestro de Aguas Lluvias se considera un coeficiente de escorrentía de $C=0,12$ para el terreno sin urbanizar y una Intensidad de Precipitación por medio de Curva IDF de la comuna de Hualpén. Dado lo presentado anteriormente, con la fórmula Racional se obtienen los siguientes valores:

CALCULO DE CAUDAL EN TERRENO SIN PROYECTO		
$Q = C * I * A$		
C =	0,12	
I =	198,2	PERIODO DE RETORNO V/S TIEMPO DURACION (Lts/s/ha)
A =	7,31	(ha)
Q =	173,8	L/S

CALCULO DE CAUDAL EN TERRENO CON PROYECTO		
$Q = C * I * A$		
C =	0,64	
I =	198,2	PERIODO DE RETORNO V/S TIEMPO DURACION (Lts/s/ha)
A =	7,31	(ha)
Q =	920,9	L/S

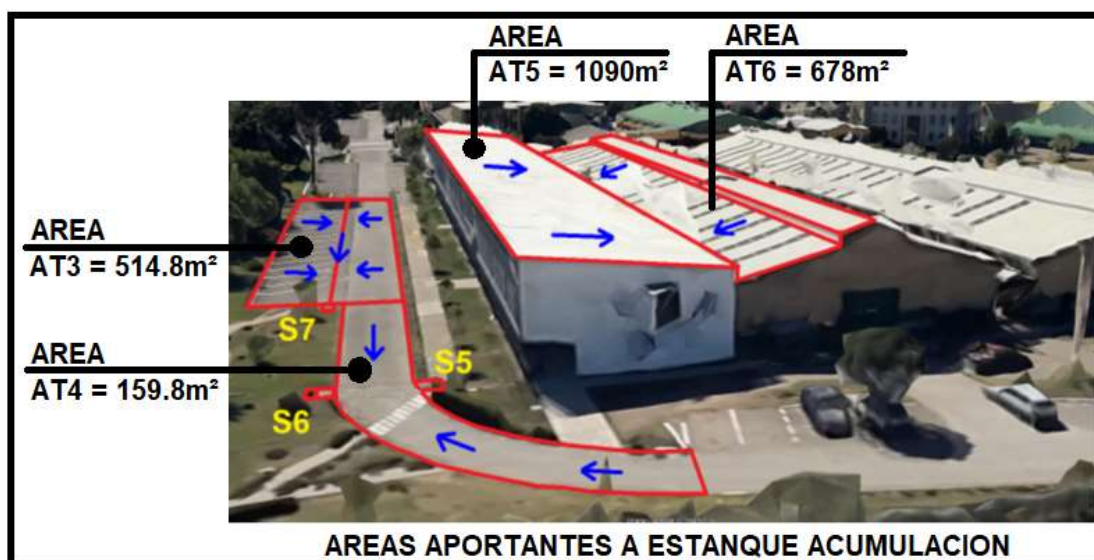


Figura 56: Isométrico áreas aportantes para diseño y Cálculo de estanque de acumulación.

ITEM	AT3 (m²)	AT4 (m²)	AT5 (m²)	AT6 (m²)	TOTAL (AT m²)
PAVIMENTO	514,8	159,8	-	-	674,6
TECHUMBRE			1090,0	678,0	1768,0
					2442,6

Con los valores calculados anteriormente, se puede estimar la diferencia de caudal que debe mitigar la obra de retención:

$$Q \text{ sin proyecto} - Q \text{ con proyecto} = Q \text{ Estanque}$$

$$Q \text{ Estanque} = 173.8 - 920.9 \rightarrow Q \text{ Estanque} = 747.1 \text{ lts/s}$$

En conclusión, la solución de aguas lluvias debe lograr almacenar y regular, de tal manera que el caudal máximo proveniente del estanque sea igual o menor a 173.8 lts/s en el momento del caudal máximo, para así asegurar no incrementar los caudales después de urbanizar el terreno.

4.1 SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EXISTENTES

Debido a las condiciones favorables de la zona, y acompañado por los antecedentes de déficit hídrico en los últimos años en la región y país, la captura del agua lluvia está tomando una gran importancia, donde es necesario disponer del agua para el consumo

humano, animal y como también para el uso del riego de áreas verdes. Esta última opción es la tomada para este estudio.

Para las condiciones de escasez de agua, lo prioritario es combinar la colecta, almacenamiento y uso de las aguas lluvias, además del reciclaje y reutilización de ellas. El aprovechamiento de las aguas lluvias, desde cada área dispuesta, conducirá a una economía importante del agua.

4.1.1 Sistema de captación de agua de techo y pavimentos de calles.

Como su nombre lo indica, en esta técnica se utilizan los techos del costado poniente de los talleres de la universidad teniendo como objetivo captar el agua pluvial en periodos lluviosos, para garantizarla en los días calurosos y así poder ser utilizada para el riego de las áreas verdes de la Universidad.

4.1.2 FILTROS

Previo a la entrada en los depósitos de acumulación, las aguas pluviales deben ser filtradas para evitar la entrada de suciedad en los depósitos de almacenaje que pueden causar averías de funcionamiento del sistema y/o empeorar la calidad del agua almacenada. Los filtros que sirven para el agua de lluvia procedente de tejados y techos no pueden limpiar correctamente las aguas contaminadas.

Tipos de filtro

Se pueden distinguir tres tipos de filtros en función de su ubicación.

- a) Filtro de bajante
- b) Filtro para estanque
- c) Filtro para instalación individual

Con respecto al principio de funcionamiento existen dos tipos.

- a) Filtros con expulsión de la suciedad auto limpiante. (no significa que los filtros sean libres de mantenimiento)
- b) Filtros con acumulación de suciedad

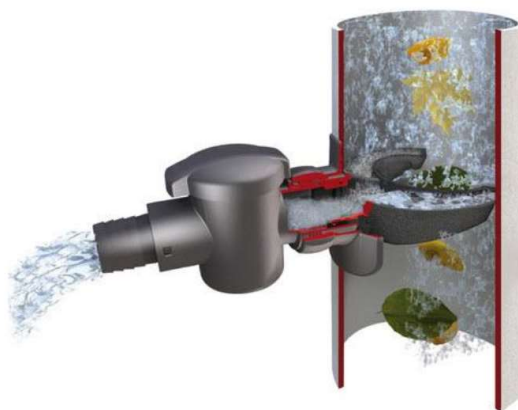


Figura 57: Filtro de bajante auto limpiante; fuente: www.google.com



Figura 58: Filtro para estanque de acumulación de suciedad; fuente: www.google.com



Figura 59: Filtro para Instalación individual auto limpiante; fuente: www.google.com

4.1.3 Eficiencia de los filtros

La eficacia de los filtros varía en función del diseño (paso de sólidos, tipo de funcionamiento) y de la intensidad de la lluvia. La mayoría de los filtros disponibles tiene una eficiencia entre 80% y 100%.

Son más fiables las informaciones sobre la eficiencia de los filtros relacionados a la normativa DIN 1989-2, porque se trata de informaciones comprobadas por un organismo independiente

Filtro	Rendimiento	Mantenimiento	Capacidad
Bajante / auto limpiante	80% - 90%	Mínimo	Baja
Instalación Individual – Estanque / Acumulación de suciedad	100%	Alto	Alto
Instalación Individual – Estanque / Auto limpiante	90% - 95%	Mínimo	Alto

Figura 60: Rendimiento de Filtros; Fuente: www.google.com

4.1.4 Grado de filtración

Los filtros disponibles en el mercado tienen un grado de filtración habitual entre 0.1 mm y 1 mm. En función del uso del agua previsto y el filtro de entrada elegido puede ser necesaria la instalación de filtros más finos en la correspondiente línea de suministro

4.1.5 Dimensionado de los filtros

Los filtros deben ser dimensionados en función del caudal de agua que puede pasar por ellos. Como orientación se pueden utilizar las informaciones de los fabricantes que en muchos casos asignan una máxima superficie de recogida a sus filtros (por ejemplo hasta 150 m²). De todas formas y en ningún caso el filtro debe reducir el corte

seccional de la tubería final de aguas pluviales antes del filtro. Sobre todo en instalaciones individuales y estanque será recomendable consultar un profesional especializado en sistemas de aguas pluviales para el correcto dimensionado del filtro.

4.1.6 Instalación de los filtros

Los filtros deben ser instalados de una forma que facilita su mantenimiento y limpieza. En las instalaciones de los filtros individuales y estanques, se debe tener en cuenta la pérdida de nivel entre la entrada y salida del filtro, que en algunos casos puede ser considerable

En las instalaciones de los filtros auto limpiante se debe tener en cuenta la conexión de la tubería para el rechazo con un sistema de desagüe adecuado.

En el caso de una conexión al desagüe a nivel inferior del reflujo, los filtros deben estar provistos con un sistema adecuado para evitar la entrada de aguas sucias por parte del desagüe.

En instalaciones con infiltración o drenaje de aguas de rechazo, es necesario instalar un filtro con acumulación de suciedad, porque no permite infiltrar ningún tipo de sólido.

4.1.7 Mantenimiento

De forma general, se deben seguir las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes relacionados al mantenimiento. Como mínimo se recomienda una revisión semestral.

La necesidad de mantenimiento puede aumentar en ubicaciones con presencia de árboles y/o tras periodos prolongados sin precipitaciones, debido a la mayor acumulación de materias extrañas en la superficie de recogida.

El mantenimiento y control es especialmente importante en instalaciones con filtro de acumulación de suciedad.

Definidos los parámetros del proyecto, es necesario conocer cómo se va a ejecutar. Para esto, se efectuarán la selección y cálculos de los equipos necesarios para diseñar el proyecto.

Considerando las instalaciones de la Universidad Técnica Federico Santa María, se utilizarán los datos de superficie de captación y precipitaciones caídas en ese lugar. Se mantiene la utilización de un paño de la techumbre de los talleres más áreas de Pavimentos, que totaliza 2442.6m².

Bajo la información entregada por la DMC, 198.2mm de agua precipitaron el 2021 en base a anuario meteorológico 2021, lo que significa que ha caído un total de 198.2 l/m². Obteniendo un volumen de 484.123 litros disponibles.

4.2 SELECCIÓN DE ESTANQUE PRIMARIO

La selección del estanque de almacenamiento primario debe ser realizada en función de las precipitaciones. Para ello, se considera el dato obtenido del informe entregado por la DMC.

4.2.1 Cálculo de precipitaciones diarias

Para efectos de cálculo se considerará un máximo de agua caída en un día, un total de 20 mm.

20 mm de agua caída ~ 20 l/m²

- Teniendo una superficie de captación de 1768 m² de techumbre existente y considerando un área aportante final diaria de agua caída sobre los paños de techos de talleres.

$$20 \text{ (l/m}^2\text{)} \times 1768 \text{ m}^2 = 35.360 \text{ litros de agua}$$

- Teniendo una superficie de captación de 674.6 m² de pavimento existente.

$$20 \text{ (l/m}^2\text{)} \times 674.6 \text{ m}^2 = 13.492 \text{ litros de agua}$$

Por lo tanto, en un día aproximadamente se podrán captar $(35.360 + 13.492) = 48.852$ litros de agua. Considerando que las precipitaciones son intermitentes, se calculará una estimación de agua caída por cada hora del día.

$$Q \text{ hora} = \frac{\text{Precipitaciones}}{\text{Horas}}$$

$$Q \text{ hora} = 48.852 \text{ l/24 h} = 2035.5 \text{ l/h} \sim 2050 \text{ l/h}$$

Por lo tanto, durante una hora de precipitación hay un total de 2050 litros de agua.

Selección de estanque acumulación

Una vez determinado el caudal de precipitaciones en una hora, se escoge 2 estanque Tipo Fosa séptica Horizontal de capacidad 10.000 lts de Capacidad tipo Bioplastic.

Cuyas dimensiones:

- Altura 2.3m
- Largo 3.0m
- Ancho 2.15m
- Tapa de acceso mantención ø0.6m
- Materialidad HDPE

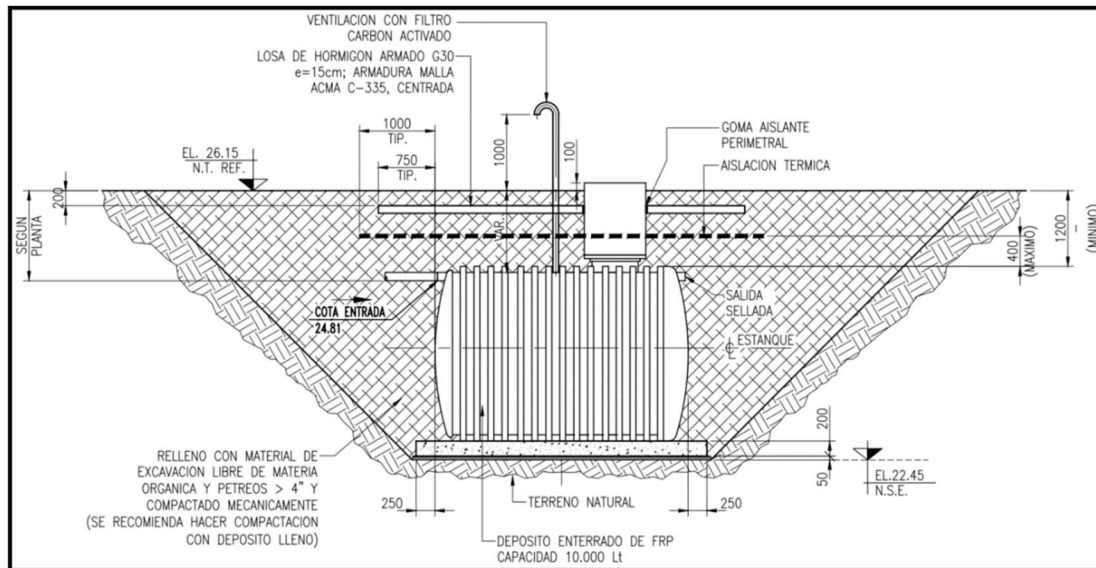


Figura 61: Estanque de acumulación, elaboración Propia

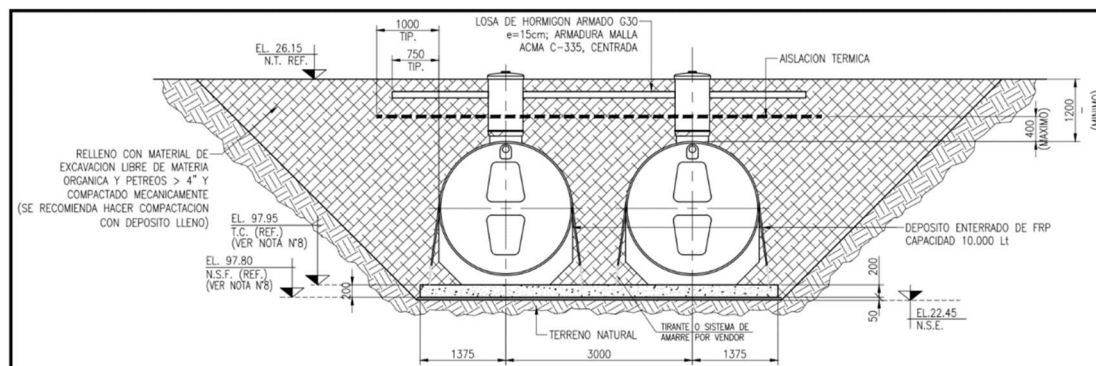


Figura 62: Estanque de acumulación, elaboración Propia

CAPÍTULO V

**PARTIDAS PARA TRABAJOS DE PAVIMENTACION,
AGUAS LLUVIAS Y ESTANQUE DE ACUMULACION A
EVALUAR ECONOMICAMENTE**

5 Análisis de precio unitario (APU)

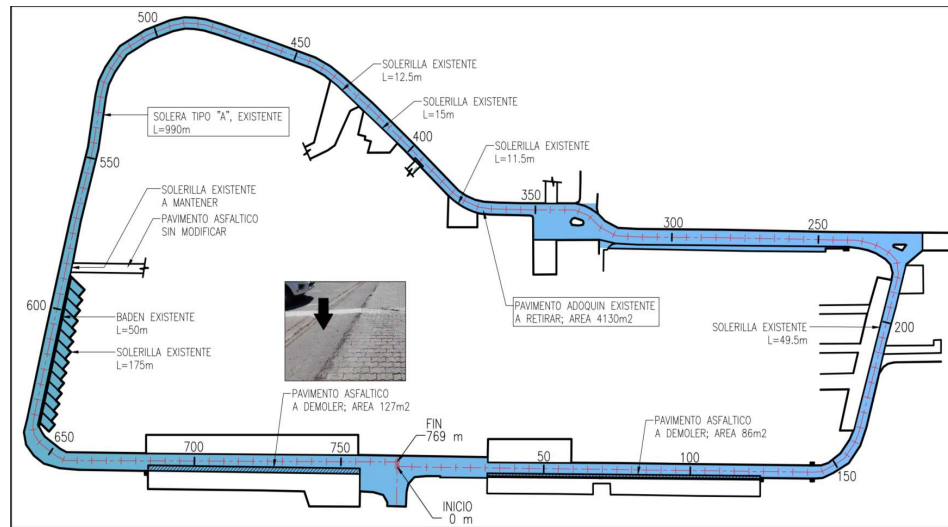
El APU (análisis de precio unitario), es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresando en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio abarcando 3 áreas: materiales, equipos y manos de obra. También es una unidad dentro del concepto costo de obra, ya que en una obra puede contener varios presupuestos. El presupuesto es la suma del producto precio unitario por la cantidad. Cada presupuesto contiene uno o varias partidas, esto dependerá del tamaño del proyecto.

PRESUPUESTO			
OBRA	"EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA AL MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO DE CALLES Y SU SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS LLUVIAS CON ESTANQUES DE ACUMULACION PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS AL CIRCUITO DE RIEGO EN AREAS VERDES AL INTERIOR DE UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA".	UF	36.847,00
		07-01-2024	
OFERENTE:	ICHc SPA		
PLAZO:	3 MESES		

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO EN CALLES AL INTERIOR DE UNIVERSIDAD				
1,0	EXCAVACION (Movimiento de Tierras)	gl		\$ 32.820.000
2,0	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	gl		\$ 26.970.000
3,0	PREPARACION DE LA SUBBASE GRANULAR	gl		\$ 43.220.000
4,0	BASE GRANULAR	gl		\$ -
5,0	RETIRO SOLERA TIPO "A"	gl		\$ 14.760.000
6,0	SOLERA TIPO "A" - INSTALACION	gl		\$ 14.829.000
7,0	INSTALACION ADOCRETOS	gl		\$ 92.584.000
DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS CON ESTANQUES DE ACUMULACION				
1,0	REPLANTEO TRAZADO Y NIVELES	gl		\$ 4.169.600
2,0	EXCAVACIONES	gl		\$ 17.110.000
3,0	INSTALACION DE SUMIDROS	gl		\$ 4.785.000
4,0	INSTALACION DE TUBERIAS HDPE	gl		\$ 4.435.000
5,0	INSTALACION DE ESTANQUE ENTERRADO	gl		\$ 23.500.000
6,0	RELLENO Y COMPACTACION	gl		\$ 4.360.000
7,0	LIMPIEZA	gl		\$ 3.910.000
SISTEMA DE LIMPIEZA E IMPULSION A RED DE RIEGO				
8,0	SISTEMA DE LIMPIEZA Y FILTRADO	gl		\$ 3.500.000
9,0	SISTEMA DE IMPULSION	gl		\$ 8.500.000
10,0	CASETA	gl		\$ 4.500.000
11,0				
12,0				

Sub Total Costo Directo	\$ 303.952.600
Gastos Generales (10%)	\$ 30.395.260
Utilidades (25%)	\$ 75.988.150
SUB TOTAL NETO	\$ 410.336.010
19 % IVA.	\$ 77.963.842
TOTAL	\$ 488.299.852

Figura 63: Presupuesto, elaboración Propia



5.1 APU - “MEJORAMIENTO DE PAVIMENTACION EN CALLES AL INTERIOR DE UNIVERSIDAD”

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)					
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO EN CALLES AL INTERIOR DE UNIVERSIDAD				
EXCAVACION (Movimiento de Tierras)					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Botadero Especial	m3	10	\$ 750.000	\$ 7.500.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ 7.500.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Camion Tolva	hr	360	\$ 25.000	\$ 9.000.000
2	retro excavadora	hr	360	\$ 35.000	\$ 12.600.000
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	B	\$ 21.600.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Supervisor	mes	2	\$ 1.750.000	\$ 3.500.000
2	Maestro	mes	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
3	Jornal	mes	2	\$ 750.000	\$ 1.500.000
4	Leyes Sociales	%	60	\$ 2.220.000	\$ 2.220.000
5			Total	C	\$ 3.720.000
			Costo Total Partida		\$ 32.820.000

PREPARACION DE LA SUBRASANTE					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1					\$ -
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ -
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2	retro excavadora	hr	360	\$ 35.000	\$ 12.600.000
3	Rodillo Liso	hr	360	\$ 25.000	\$ 9.000.000
4					\$ -
5			Total	B	\$ 21.900.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
2	Jornal	mes	2	\$ 750.000	\$ 1.500.000
3	Leyes Sociales	%	60	\$ 1.170.000	\$ 1.170.000
4					\$ -
5			Total	C	\$ 5.070.000
Costo Total Partida					\$ 26.970.000

PREPARACION DE LA SUBBASE GRANULAR					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Base estabilizadora CBE $\geq$ 40%	m3	650	\$ 25.000	\$ 16.250.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ 16.250.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2	retro excavadora	hr	360	\$ 35.000	\$ 12.600.000
3	Rodillo Liso	hr	360	\$ 25.000	\$ 9.000.000
4					\$ -
5			Total	B	\$ 21.900.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
2	Jornal	mes	2	\$ 750.000	\$ 1.500.000
3	Leyes Sociales	%	60	\$ 1.170.000	\$ 1.170.000
4					\$ -
5			Total	C	\$ 5.070.000
Costo Total Partida					\$ 43.220.000

RETIRO SOLERA TIPO "A"					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Botadero Especial	m3	1,5	\$ 750.000	\$ 1.125.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ 1.125.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2	Camion 3/4	hr	180	\$ 25.000	\$ 4.500.000
3	mini cargador	hr	180	\$ 35.000	\$ 6.300.000
4					\$ -
5			Total	B	\$ 11.100.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
2	Ayudante	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Leyes Sociales	%	30	\$ 585.000	\$ 585.000
4					\$ -
5			Total	C	\$ 2.535.000
Costo Total Partida					\$ 14.760.000

SOLERA TIPO "A" - INSTALACION					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Solera Tipo "A"	m	396	\$ 4.000	\$ 1.584.000
2	Hormigon G20	m3	125	\$ 55.000	\$ 6.875.000
3	Mortero de Pega	m3	25	\$ 15.000	\$ 375.000
4					\$ -
5			Total	A	\$ 8.834.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,25	\$ 600.000	\$ 150.000
2	Camion 3/4	hr	40	\$ 26.500	\$ 1.060.000
3	mini cargador	hr	30	\$ 75.000	\$ 2.250.000
4					\$ -
5			Total	B	\$ 3.460.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
2	Ayudante	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Leyes Sociales	%	30	\$ 585.000	\$ 585.000
4					\$ -
5			Total	C	\$ 2.535.000
Costo Total Partida					\$ 14.829.000

INSTALACION ADOCRETOS					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Adoquin Europa 80mm	m2	4130	\$ 19.200	\$ 79.296.000
2	Cama de Arena Gruesa (e=40mm)	m3	150	\$ 22.000	\$ 3.300.000
3	Relleno de Juntas (arena Fina)	m3	26,5	\$ 22.000	\$ 583.000
4					\$ -
5			Total	A	\$ 83.179.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2	Vibro Compactadora	hr	60	\$ 25.000	\$ 1.500.000
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	B	\$ 1.800.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	3	\$ 1.200.000	\$ 3.600.000
2	Jornal	mes	3	\$ 750.000	\$ 2.250.000
3	Leyes Sociales	%	90	\$ 1.755.000	\$ 1.755.000
4					
5			Total	C	\$ 7.605.000
			Costo Total Partida		\$ 92.584.000

5.2 APU - DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS CON ESTANQUES DE ACUMULACION

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)					
PROYECTO	DISEÑO Y SOLUCIÓN DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS CON ESTANQUES DE ACUMULACION				
me falta e					
REPLANTEO TRAZADO Y NIVELES					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	bolsa de cal 1 kg	kg	30	\$ 2.810	\$ 84.300
2	estacas 2"x2" pino bruto	pza.	10	\$ 1.530	\$ 15.300
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ 99.600
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	B	\$ 300.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Topografo	mes	1	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
2	ayudante de topografo	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Jornal	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
4	Leyes Sociales	%	30	\$ 870.000	\$ 870.000
5					\$ -
6			Total	C	\$ 3.770.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 4.169.600

EXCAVACIONES					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1					\$ -
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ -
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Pala punta huevo	hr	45	\$ 15.000	\$ 675.000
2	chuzo 1 x 1,70	hr	45	\$ 15.000	\$ 675.000
3	desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
4	retroexcavadora	hr	180	\$ 35.000	\$ 6.300.000
5	mini cargador	hr	180	\$ 35.000	\$ 6.300.000
6					\$ -
7			Total	B	\$ 14.250.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	operador	mes	1	\$ 1.450.000	\$ 1.450.000
2	Jornal	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Leyes Sociales	%	30	\$ 660.000	\$ 660.000
4					\$ -
5			Total	C	\$ 2.860.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 17.110.000

INSTALACION DE SUMIDEROS					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Sumideros	gl	3	\$ 650.000	\$ 1.950.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ 1.950.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	B	\$ 300.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Supervisor	mes	1	\$ 1.750.000	\$ 1.750.000
2	Maestro	mes	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
3	Jornal	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
4	Leyes Sociales	%	30	\$ 585.000	\$ 585.000
5			Total	C	\$ 2.535.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 4.785.000

INSTALACION DE TUBERIAS HDPE					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Tuberia HDPE DN315	m	32	\$ 50.000	\$ 1.600.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ 1.600.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	B	\$ 300.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
2	Ayudante	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Leyes Sociales	%	30	\$ 585.000	\$ 585.000
4					\$ -
5			Total	C	\$ 2.535.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 4.435.000

INSTALACION DE ESTANQUE ENTERRADO					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Estanque enterrado 10,000lts	gl	2	\$ 3.500.000	\$ 7.000.000
2	Emplantillado 5cm	m3	1	\$ 65.000	\$ 65.000
3	losa Base Estanque 25cm	m3	4,5	\$ 125.000	\$ 562.500
4	losa superior proteccion de Estanque 15cm	m3	3,5	\$ 125.000	\$ 437.500
5					\$ -
6			Total	A	\$ 8.065.000
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,5	\$ 600.000	\$ 300.000
2	placa compactadora	hr	180	\$ 35.000	\$ 6.300.000
3	mini cargador	hr	180	\$ 35.000	\$ 6.300.000
4					\$ -
5			Total	B	\$ 12.900.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
2	Jornal	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Leyes Sociales	%	30	\$ 585.000	\$ 585.000
4					
5			Total	C	\$ 2.535.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 23.500.000

RELLENO Y COMPACTACION					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1					\$ -
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ -
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,25	\$ 600.000	\$ 150.000
2	Mini cargador	hr	15	\$ 75.000	\$ 1.125.000
3	pala punta huevo	hr	15	\$ 15.000	\$ 225.000
4					\$ -
5			Total	B	\$ 1.500.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Maestro	mes	1	\$ 1.450.000	\$ 1.450.000
2	Jornal	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
3	Leyes Sociales	%	30	\$ 660.000	\$ 660.000
4					
5			Total	C	\$ 2.860.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 4.360.000

LIMPIEZA					
A			MATERIALES		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1					\$ -
2					\$ -
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	A	\$ -
B			MAQUINAS Y EQUIPOS		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Desgaste de herramientas	%	0,25	\$ 600.000	\$ 150.000
2	Camion 3/4	hr	40	\$ 26.500	\$ 1.060.000
3	Carretilla	hr	15	\$ 25.000	\$ 375.000
4	mini cargador	hr	15	\$ 75.000	\$ 1.125.000
5			Total	B	\$ 2.710.000
C			MANO DE OBRA		
N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Jornal	mes	1	\$ 750.000	\$ 750.000
2	Leyes Sociales	%	30	\$ 450.000	\$ 450.000
3					\$ -
4					\$ -
5			Total	C	\$ 1.200.000
			Costo Total Partida (A+B+C)		\$ 3.910.000

ANEXOS

- 1 Fosa séptica Horizontal Capacidad 10.000lts, tipo Bioplastic
- 2 Sumidero Grande tipo S1, Manual de carreteras Volumen IV, lamina 4.106.203
- 3 Sumidero Grande tipo S2, Manual de carreteras Volumen IV, lamina 4.106.204
- 4 Sumidero Horizontal Tipo R1, Manual de carreteras Volumen IV, lamina 4.106.201
- 5 Baden din Escurrimiento Permanente, Manual de carreteras Volumen IV, Lamina 4.704.101
- 6 Plano Planta General trazado Pavimentación Calles Interiores Universidad Técnica Federico santa María; Lamina PR_01_RevB
- 7 Plano Trazado captación aguas lluvias para alimentación de estanques de acumulación sector Poniente Universidad (área Talleres); Lamina PR_02_RevB

Fosa Séptica Horizontal 10.000 Lts



MEDIDAS

Altura: 2.300mm
Largo: 3.000 mm
Ancho: 2.150 mm

ACCESORIOS

Tapa: 600mm
Salida pvc
sanitaria 110mm

FSH10000

Características Técnicas

- Volumen total 10.000 Lt
- Volumen útil 9.252 Lts
- Uso: Tratamiento primario de aguas servidas.
- Limpieza: Anual.

Especificaciones

- Manto ondulado reforzado
- 40 personas a dotación 250L/día
- 50 personas a dotación 200L/día

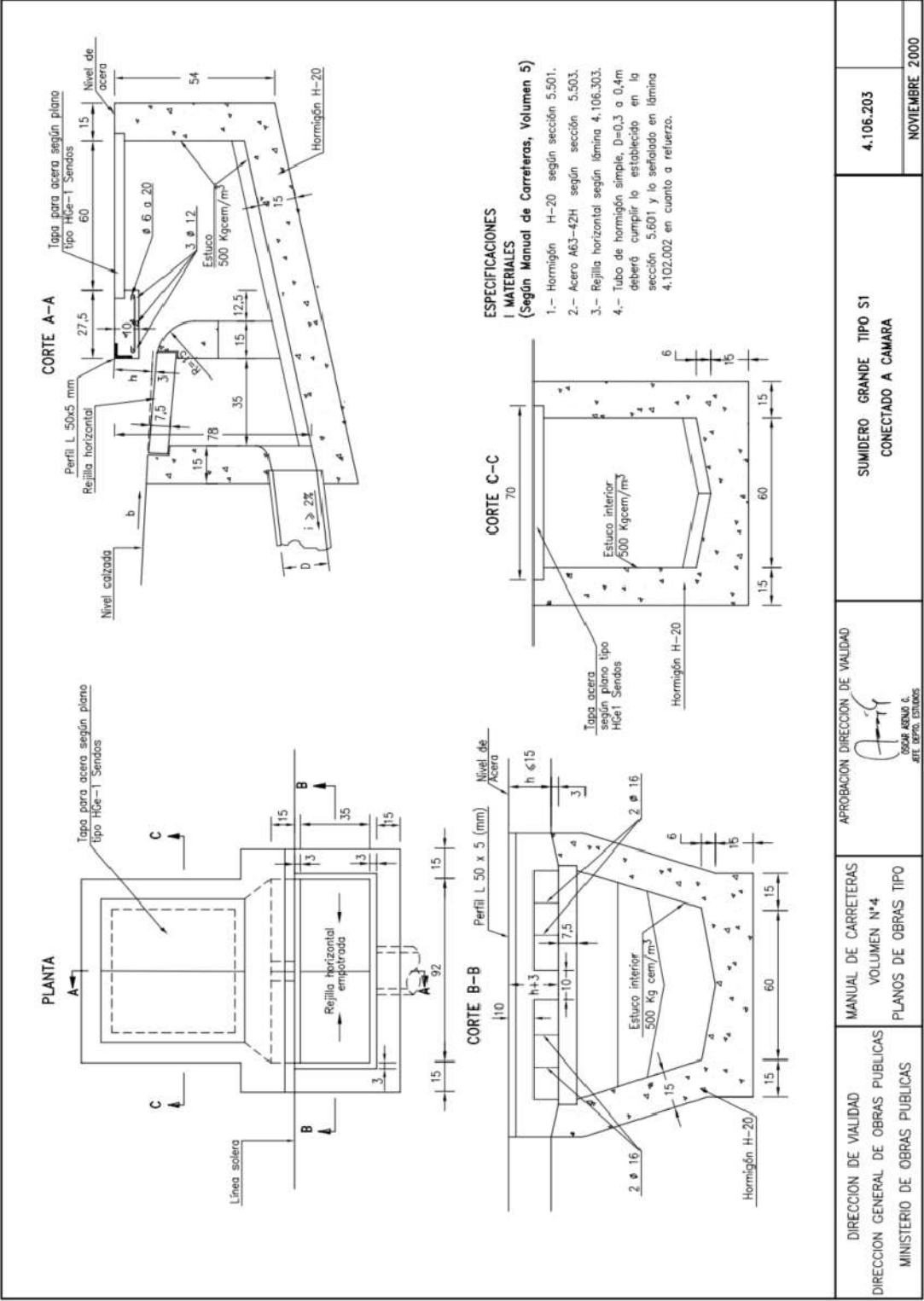
Recomendaciones Generales

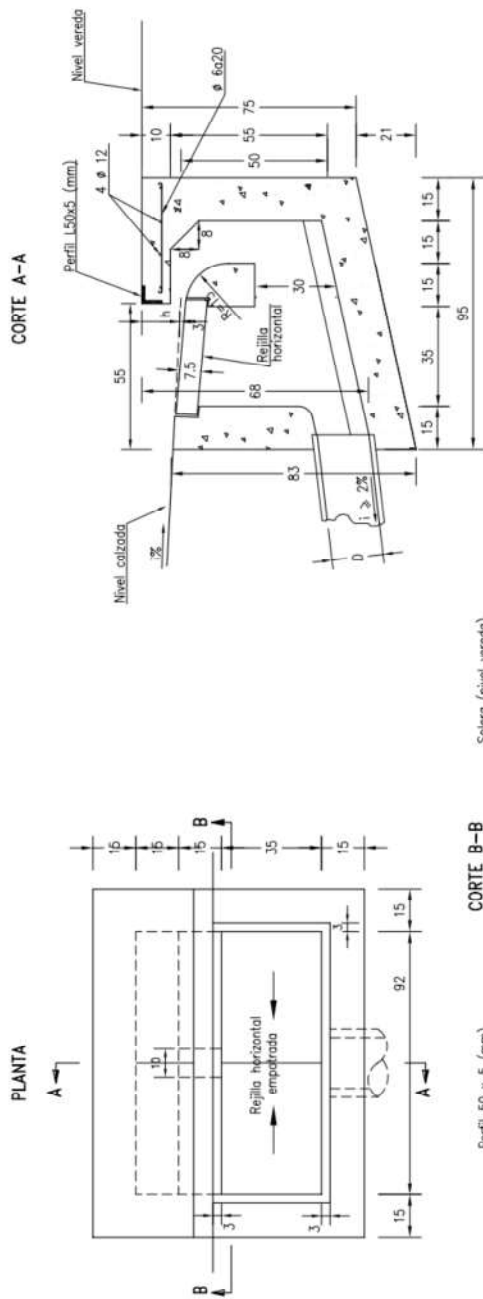
Instalar la fosa séptica sin pendiente, llenar internamente con agua de forma simultánea a la parte externa con arena para equilibrar las cargas.

Para instalar la fosa a mas de 50 cm de profundidad se debe colocar loza de hormigón sobre la fosa (sin tocarla) apoyándola sobre los hombros de la excavación

www.bioplastic.cl



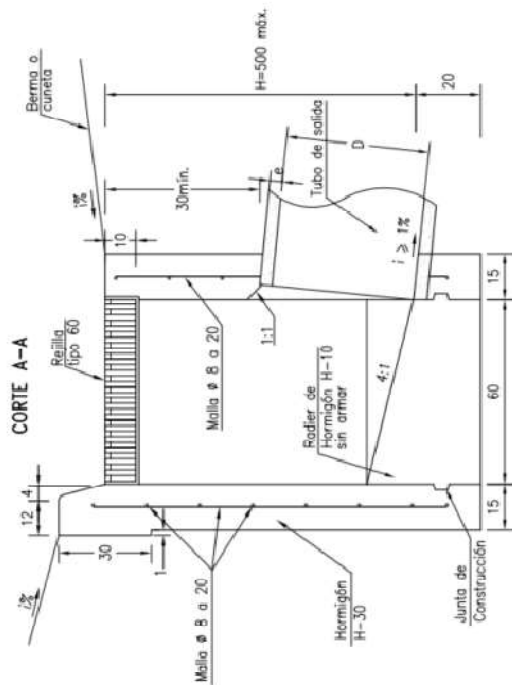
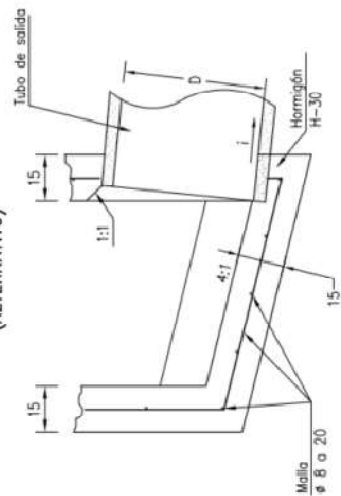




ESPECIFICACIONES **I MATERIALES (Según Manual de Carreteras, Volumen 5)**

- 1.- Hormigón H-20 según sección 5.501.
- 2.- Acero A63-42H según sección 5.503.
- 3.- Rejilla horizontal según lámina 4.106.303.
- 4.- Tubo de hormigón simple, D=0,3 a 0,4 m, deberá cumplir lo establecido en la sección 5.601 y lo señalado en lámina 4.102.002 en cuanto a refuerzo.

DIRECCION DE VALIDAD DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS	MANUAL DE CARRETERAS VOLUMEN N°4 PLANOS DE OBRAS TIPO	APROBACION DIRECCION DE VALIDAD  JUAN A. SOSA JEFE DEPTO. ESTUDIOS	SUMIDERO GRANDE TIPO S2		4.106.204
					NOVIEMBRE 2000

RADIER ARMADO
(ALTERNATIVO)

ESPECIFICACIONES:

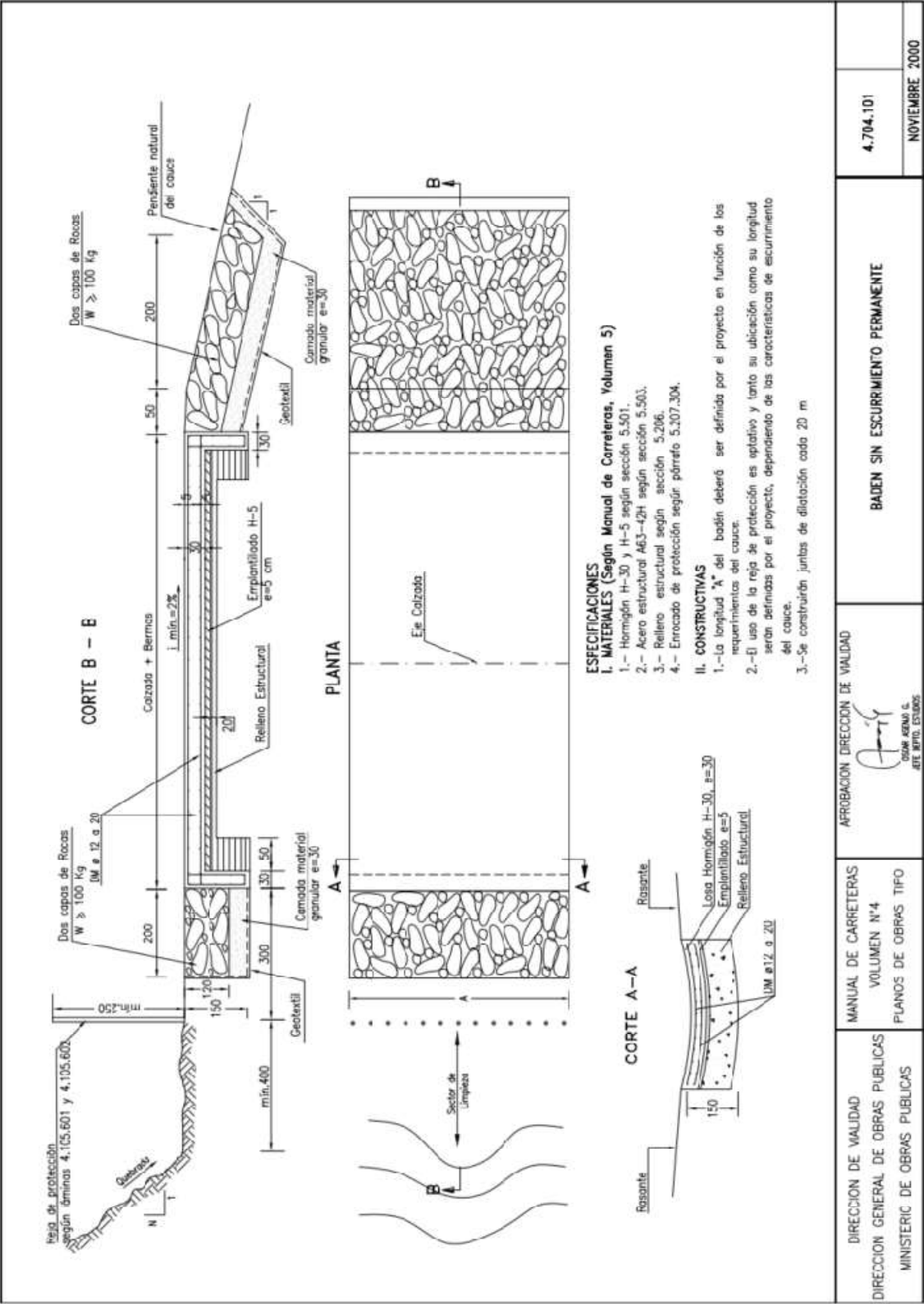
I. MATERIALES (Según Manual de Carreteras, Volumen 5)

- 1.- Hormigones grueso H=30 y grado H=10, deberá cumplir con lo establecido en la sección 5.501.
- 2.- Acero en barras de calidad A63-42H, con resalles, deberá cumplir con lo establecido en la sección 5.503.
- 3.- Tubo de solda hormigón simple diámetro entre 0,3 y 0,7m deberá cumplir con lo establecido en la sección 5.601 y lo señalado en lámina 4.102.002 en cuanto a refuerzo.

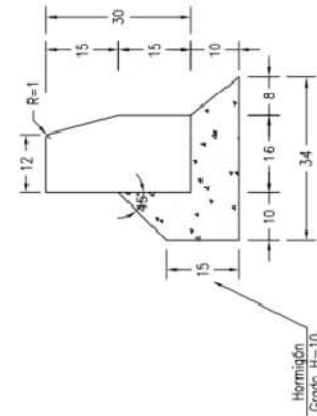
II. CONSTRUCTIVAS

- 1.- Disposición de escalines según altura H . Si $H < 60$ no se colocarán escalines. Si $60 < H < 100$ se colocará 1 escalín a $40 \text{ cm} \pm$ del fondo. Si $H > 100$, se colocarán a $30 \text{ cm} \pm$ entre sí. El inferior podrá quedar a $40 \text{ cm} \pm$ del fondo. Detalle de escalines en lámina 4.106.202. Los escalines se pondrán en la pared opuesta al tubo.
- 2.- El fondo del sumidero se platabará a gran pendiente y tendrá una pendiente mínima de 25% en dirección del tubo de salida.
- 3.- Rejillo tipo 60 según láminas 4.106.301 y 4.106.302.
- 4.- Marcos de rejilla según láminas 4.106.304 y 4.106.305.
- 5.- Junta de construcción según detalle lámina 4.106.202.

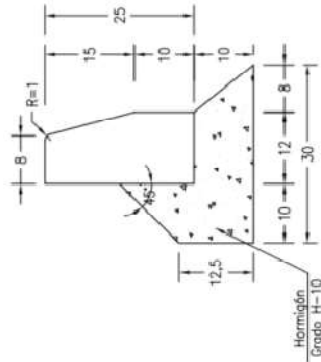
DIRECCION DE VALIDAD	MANUAL DE CARRETERAS	APROBACION DIRECCION DE VALIDAD	SUMIDERO	TIPO R1	4.106.201	NOVIEMBRE 2000
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS	VOLUMEN N°4	 OSCAR ASENJO G. JEFE DEPTO. ESTUDIOS	HORIZONTAL			
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS	PLANOS DE OBRAS TIPO					



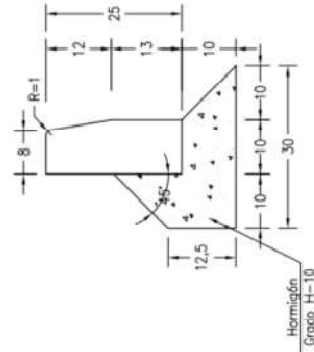
SOLERA TIPO "A"



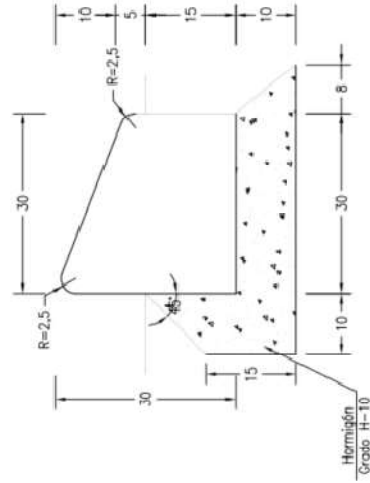
SOLERA TIPO "B"



SOLERA TIPO "C"



SOLERA MONTABLE



ESPECIFICACIONES

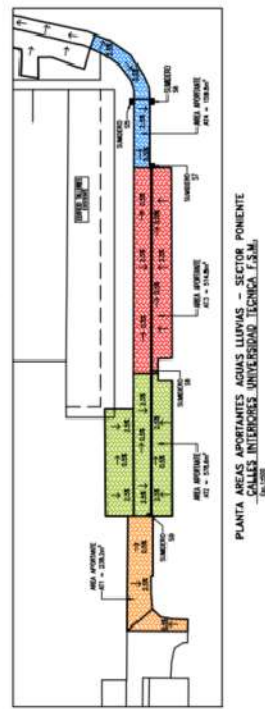
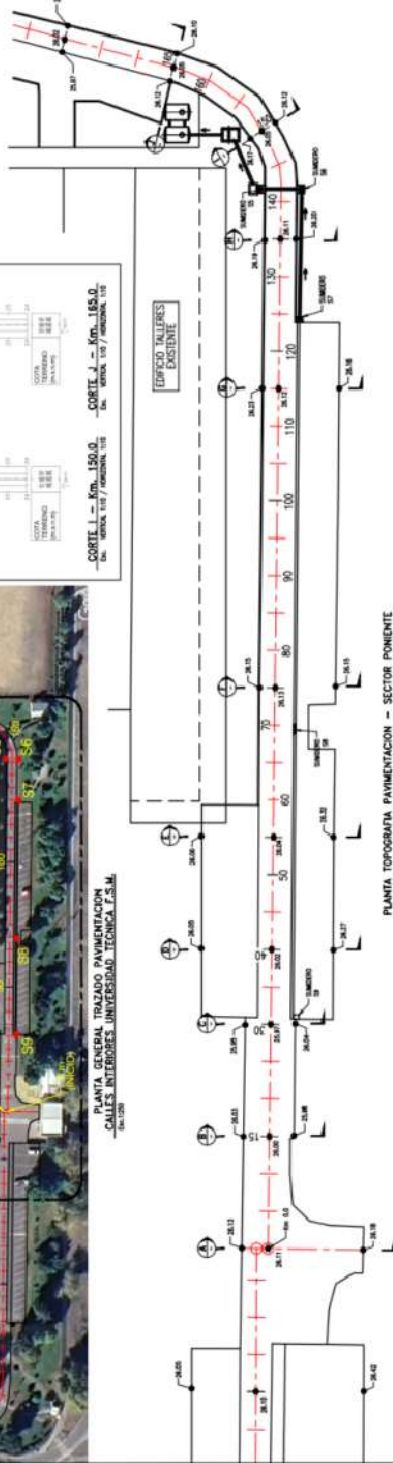
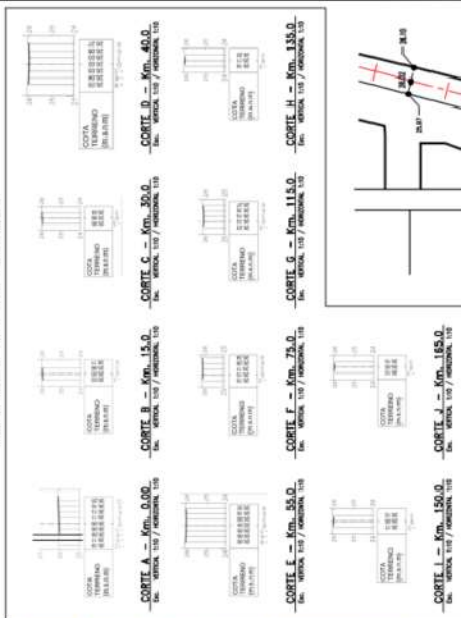
I. MATERIALES (Según Manual de Carreteras, Volumen 5)

- 1.- La solera será de hormigón grado H-30 según requisitos estipulados en la sección 5.607.
- 2.- La base de apoyo será de hormigón grado H-10 según requisitos estipulados en la sección 5.607.

II. CONSTRUCTIVAS

- 1.- La junta longitudinal entre soleras y pavimentos se rellenarán con mastic asfáltico u otro material bituminoso aprobado por la Inspección Fiscal.
- 2.- La junta de contracción vertical de los elementos fabricados in situ se formarán mediante tabillas de Asbesto Cemento u otro material previamente aprobada por la Inspección Fiscal.
- 3.- La unión de elementos prefabricados se realizará con mortero 1:3 en peso ó 1:2 en volumen (cemento:arena) según sección 5.508.204 M.C.-V.5
- 4.- El relleno de respaldo se realizará de acuerdo a lo establecido en párrafo 5.607.304 M.C.-V.5
- 5.- La solera montable se usará en islas divisorias.

DIRECCION DE VALIDAD DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS	MANUAL DE CARRETERAS VOLUMEN N°4 PLANOS DE OBRAS TIPO	APROBACION DIRECCION DE VALIDAD  OSCAR KIANO G. JEFE DEPTO. ESTUDIOS	SOLERAS DE CONTENCIÓN Y SOLERA MONTABLE	4.106.401 NOVIEMBRE 2000
---	---	--	--	-----------------------------

[illegible]

BIBLIOGRAFÍA

MARCO TEÓRICO:

https://www.cdt.cl/?post_type=dlm_download&p=76370pdf

MARCO NORMATIVO:

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Codigo_de_Normas_MINVU_111016542922883_1373.pdf

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf

- Dirección de Vialidad, MOP 2018. Manual de Carreteras. Volumen 3: Instrucciones y criterios de diseño.
- Dirección de Vialidad, MOP 2017. Manual de Carreteras. Volumen 5: Especificaciones técnicas generales de construcción.
- Dirección de Vialidad, MOP 2014. Manual de Carreteras. Volumen 8: Especificaciones y métodos de Muestreo, ensaye y control.
- Diseño de pavimentos de adoquines de hormigón – Método Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón:

<https://ich.cl/pavimentando/documentos-pavimentando/manual-diseno-depavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

Plan Regulador Comunal de Hualpén Anexo 2 – Capacidad vial.

<http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2018/08/2.-Anexo-1-capacidadvial.pdf>

- Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.-Técnicas Alternativas de aguas lluvias en sectores Urbanos(1996).
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Departamento de Obras Urbanas.-Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias (2005).
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional.-Código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación (2016)