



## **CAJA HIDRÁULICA DEL RÍO ACONCAGUA PARA LA ZONA DE ACTIVIDAD LOGÍSTICA EN QUILOTA CONFORMACIÓN DE UN NUEVO FRENTE PACÍFICO PARA EL CONTINENTE**

CANDIDATO A MAGISTER EN ARQUITECTURA Y DISEÑO MENCIÓN NÁUTICO Y MARÍTIMO: NELSON GABRIEL MORAGA TAPIA  
PROFESOR GUÍA: JORGE FERRADA HERRERA / DIRECTOR DE MAGISTER: BORIS IVELIC KUSANOVIC  
2012

Esta tesis se desarrolló gracias al apoyo de la Dirección de Estudios Avanzados de la  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso mediante la beca de mantención  
con la que el autor fue beneficiado



## índice

### 0 - RESUMEN

7

### A- ENCARGO

A.1 - Origen del encargo	12
A.2 - Actualidad del encargo	13
A.3 - Importancia de desarrollar el encargo	14

### B- OBJETIVOS

19

### C.1- FUNDAMENTO TEÓRICO

FUNDAMENTO TEÓRICO: ANTECEDENTES PORTUARIOS	22
Puerto parque Aconcagua	22
Casos referenciales	24
Contexto económico	26
Sistemas de transporte	28
Concepto de Zona de Actividad Logística	30
Concepto de corredor bioceánico	33
Corredor bioceánico Aconcagua	34
Tunel ferroviario a baja altura y tren trasandino central	36

### FUNDAMENTO TEÓRICO: ANTECEDENTES URBANOS

Valle del Aconcagua	38
Asentamientos pre-colombinos	40
Asentamientos urbanos en la cuenca del Aconcagua	42
Asentamiento colonial en Quillota	46
Plan regulador comunal	48
Histórica relación entre la ciudad y el río	50
La procesión del pelícano	53
Proyecto para Quillota U.C.V. 1981	55

<b>C.2- FUNDAMENTO CREATIVO</b>	61	Conclusiones de la modelación	142
Quillota como país	62		
El espacio público moderno	67		
El río Aconcagua y las aguas: ‘ante, ‘en’, ‘a través’	70		
<b>C.3- FUNDAMENTO TÉCNICO</b>	75		
Antecedentes técnicos del río Aconcagua	76		
Partido energético	78		
Sistemas constructivos	82		
Dinámica y sedimentación fluvial	86		
Caracterización del río Aconcagua	92	METODOLOGÍA INDIVIDUAL: MODELO DE PLAZA DE RÍO	169
Asentamientos y terrazas aluviales	94	Modelación	170
Geología de la cuenca del Aconcagua	96	Objetivos	170
Estructura tectónica	98	Derivación de caudales	171
Sistema de fallas	100	Semejanza dinámica de caudales	172
Situación geológica general	102	Cálculo de apertura de estanque regulador de caudales	173
<b>D- HIPÓTESIS</b>	107	Proceso constructivo de modelo de plaza de río	174
<b>E- METODOLOGÍA</b>	111	Pruebas de modelo etapa 1	176
Espiral de diseño	112	Hipótesis para espejo de agua en plaza de río	178
METODOLOGÍA CONJUNTA: MODELO FLUVIAL	118	Pruebas de modelo etapa 2	182
Modelación	118	Espejo de agua para plaza de río	184
Objetivos	120		188
Datos de campo para el modelo	122		
Semejanza dinámica y escalas distorsionadas	124		
Número de Reynolds	126		
Determinación de escala vertical	128		
Proceso constructivo de modelo fluvial	132		
Pruebas de modelo	142		
<b>F- RESULTADOS</b>			
Contextualización			148
Plan urbano para Quillota			150
Caja hidráulica del río Aconcagua			156
Cortes del río			158
Maquetas			162
<b>G- ANEXO</b>			



## O/ RESUMEN

## **resumen / (TITULO)**

### **A/ ENCARGO**

#### **A.1/ ORIGEN DEL ENCARGO**

Desde el contexto de proyección de crecimiento urbano, desarrollado como complemento del Puerto-Parque Aconcagua, se establece en Quillota una zona de actividad logística en los terrenos que actualmente ocupa el lecho del río Aconcagua.

#### **A.2/ ACTUALIDAD DEL ENCARGO**

Quillota, no tiene construido su borde río ni el libre acceso a su orilla y por la condición de balneario de Con-con, es que surge la necesidad de ubicar en una ciudad contigua una zona de crecimiento industrial.

#### **A.3/ IMPORTANCIA DE DESARROLLAR EL ENCARGO**

Genera un crecimiento económico y demográfico en Quillota que la reoriente y vincule con su río. Con un aumento en las actividades de la economía secundaria de la zona y el país.

### **B/ OBJETIVOS**

#### **B.1/ OBJETIVOS GENERALES**

Estudio y proyección de una zona de actividad logística en Quillota, vinculado al desarrollo educacional, base constitutiva de una cultura de región. Plan de crecimiento urbano proyectado a 15-20 años bajo un régimen de desarrollo sustentable.

#### **B.2/ OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Plan Maestro de propuesta de zonificación Industrial y Parque-Habitacional en coordinación con las proyecciones de crecimiento urbano del Plan Regulador Comunal de Quillota, coordinando las bases culturales, vernaculares y naturales en el contexto del paisaje en torno a este plan maestro. Sosteniendo zonas de mitigación, corredores biológicos y espacios públicos.

Consolidación del río como frente marítimo y elemento estructurador de la ciudad, configurando su caja hidráulica sus elementos con un eje de penetración urbana de carácter recreativo.

## C/ FUNDAMENTO DE TESIS

### C.1/ FUNDAMENTO TEÓRICO

Una ciudad de agua, así fue considerada Quillota a orillas del río Aconcagua, según la concepción de balneario en los tiempos de la consolidación de la república. Esta consideración interna, así como la condición territorial de enclave que adquiere Quillota en el contexto del puerto Aconcagua, como el nuevo frente pacífico del continente, le ubicaría en la condición recreativa y comercial propias del río y el mar, respectivamente.

### C.2/ FUNDAMENTO CREATIVO

En Quillota se tiene la relación de dominio entregada por la presencia de las cimas que envuelven su cuenca. Este tipo dominio, ha dejado al río como un elemento residual en la trama urbana al cual hay que abordar para recuperar su original relación con la ciudad. Aunando la dimensión de cumbre y río en el acto de soterrar la cima en traspaso.

### C.3/ FUNDAMENTO TÉCNICO

Antecedentes técnicos del río: corresponde a los estudios realizados para el proyecto “estanque recreacional para Quillota” que otorgaron la información que permite caracterizar el lecho del río en sus parámetros geológicos, geotécnicos, rugosidad, y al río propiamente tal con sus caudales máximos y períodos de retorno.

Partido energético: análisis de los principios físicos utilizados en los sistemas hidráulicos, así como de las energías que los rigen: energía cinética y potencial gravitatoria. Sistemas constructivos: análisis de los procesos, sistemas y elementos que permiten la configuración de la caja hidráulica del río y de las propuestas recreativas a proyectar: gaviones, enrocados y compuertas.

Dinámica fluvial: estudio de los parámetros a tener en consideración para las intervenciones en ríos, tales como: meandros, sedimentos, parámetros a-dimensionales, etc.

## D/ HIPÓTESIS

Consolidación del ancho del río mediante la construcción de su caja hidráulica, con el control de sus aguas a través de contenciones, canalizaciones y represamientos con sistema de compuertas. Se propone el plan de desarrollo urbano mediante el establecimiento de una zona de galpones industriales, una estación intermodal, núcleos educacionales, sectores residenciales y de servicios, ordenados por una estructuración vial y un anillo parque, que propone la habitabilidad como un motor de cuidado del medio ambiente.

## E/ METODOLOGÍA

Construcción de un modelo fluvial que permite evaluar el comportamiento del río en su condición actual así como con los elementos hidráulicos propuestos para configurar su caja. Análisis de los resultados y establecimiento de zonas críticas de erosión, sedimentación e inundaciones. Se elabora también un modelo individual de plaza de río para garantizar la renovación de aguas y la habitabilidad de su espejo de agua.

## F/ RESULTADOS

Configuración de un plan maestro para la incorporación de una zona de actividad logística en Quillota y de la caja del río Aconcagua con los elementos hidráulicos que permiten el control de las aguas en períodos de estío y crecida, recuperando el valor del río como elemento recreativo, paisajístico y estructurador de la trama urbana de la ciudad. Se desarrolla un deck-rambla sobre la estructura diseñada para garantizar la renovación de aguas del espejo de agua en la plaza de río.

## G/ ANEXO

A modo de conclusión de la tesis, se realiza de manera independiente una prueba de modelos que permite diseñar la habitabilidad del espejo de agua de la plaza de río propuesta. Este modelo tiene un carácter meramente cualitativo y busca complementar al estudio general.



## A/ ENCARGO

### A.1/ ORIGEN DEL ENCARGO

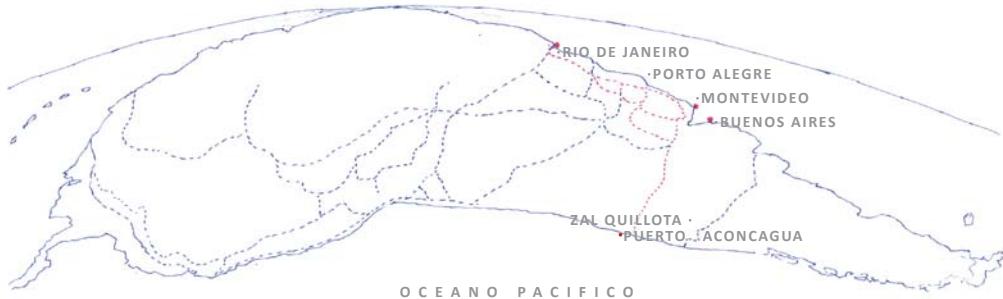
Desde el contexto de proyección de crecimiento urbano, desarrollado como complemento del Puerto-Parque Aconcagua, se establece en Quillota una zona de actividad logística en los terrenos que actualmente ocupa el lecho del río Aconcagua.

### A.2/ ACTUALIDAD DEL ENCARGO

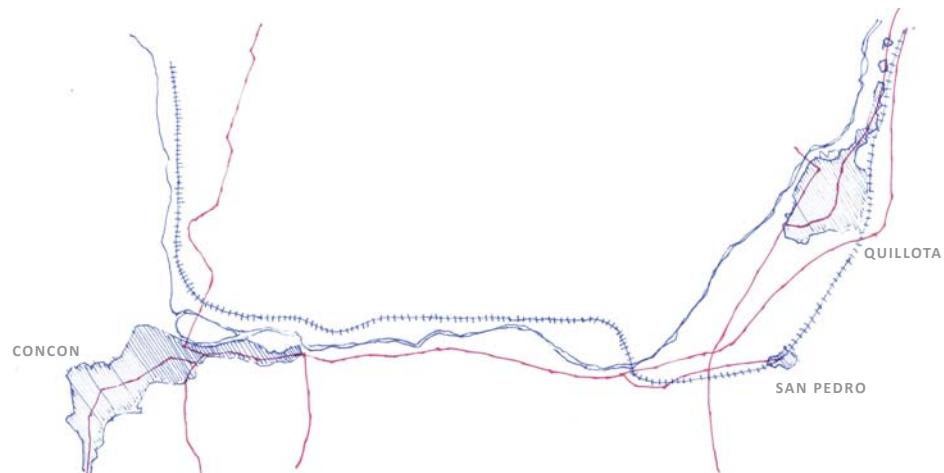
Quillota, no tiene construido su borde río ni el libre acceso a su orilla y por la condición de balneario de Con-con, es que surge la necesidad de ubicar en una ciudad contigua una zona de crecimiento industrial.

### A.3/ IMPORTANCIA DE DESARROLLAR EL ENCARGO

Genera un crecimiento económico y demográfico en Quillota que la reoriente y vincule con su río. Con un aumento en las actividades de la economía secundaria de la zona y el país.



F1 La región de Valparaíso como nuevo frente pacífico para el continente



F2 Relación de Quillota y Concón respecto al puerto y la Z.A.L.

## A.1/ ORÍGEN DEL ENCARGO

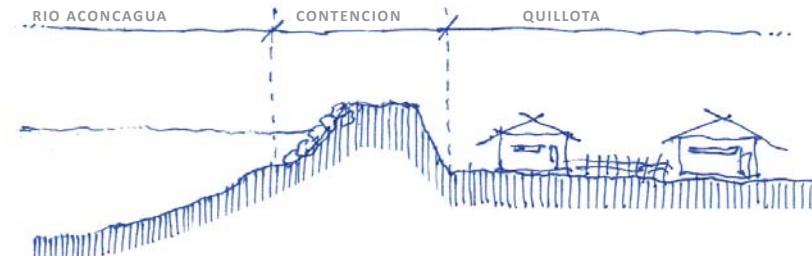
Desde la idea de la consolidación de la costa chilena como un frente pacífico para el continente, puerta económica y cultural para el desarrollo latinoamericano, nace la propuesta de generar un nuevo puerto para el gran Valparaíso, región privilegiada por su cercanía a la capital y por ser un enclave en las conexiones viales internacionales<sup>F1</sup>.

Debido a su conectividad e infraestructura vial en desarrollo, expectativas de crecimiento, proximidad a zonas urbanas e industriales, conexión nacional e internacional y calado (profundidad del fondo marino que admite a las embarcaciones), el lugar idóneo para recibir este nuevo puerto, es la desembocadura del río Aconcagua, aledaño a la ciudad de Concón. Dicho puerto garantizaría la modernización de las instalaciones, seguridad, protección para las embarcaciones y rapidez de carga y descarga. El puerto Aconcagua suple las carencias presentadas por sus pares en la región: poca capacidad de resguardo y falta de espacio para crecer, permitiendo una especialización de éstos:

- Puerto de Valparaíso: Explota su condición de emplazarse en una ciudad patrimonial, declarada por la UNESCO el año 2003, para configurarse como un puerto turístico y de pasajeros, manteniendo su flujo de importaciones y exportaciones nacionales.
- Puerto de Ventanas: Puerto granelero, de carga pesada y materiales peligrosos, principalmente de la minería y los servicios energéticos.
- El Puerto parque Aconcagua, en este contexto, sería un puerto de contenedores, especializado en recibir carga destinada al resto del continente, así como las embarcaciones que, por sus dimensiones, no pueden entrar a Valparaíso. Con zonas de desembarco y acopio para buques tipo Pánamax y Pos-pánamax que alcanzarían los 45.000 m<sup>2</sup>, con una capacidad para recibir 67,36 millones de toneladas.

Esta propuesta, además de re-configurar el sector de ‘la isla’ de Concón, donde se construiría el puerto, permite replantearse completamente la ciudad, la cual desde su fragmentación y falta de continuidad actual, adquiere también una dimensión pública recorrible en su borde costero: la rambla, como un gran largo que permite la revitalización y promoción de productos y servicios locales, en constante contemplación del espectáculo portuario. Por otra parte, el puerto se configura con el carácter de parque, lo que reconoce la importancia de conservar y cuidar al humedal que se extiende en el brazo norte de la desembocadura del río, exigiéndole a las instalaciones portuarias un cuidado medioambiental compatible con dicho propósito.

La tesis del puerto parque Aconcagua fue desarrollada en conjunto por los alumnos del Magíster en Arquitectura y Diseño, mención Náutico y Marítimo: Carla Figueroa, Eduardo Deney y Andrea Soza, programa impartido por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Desde este trabajo, y las posibilidades de expansión de la zona de influencia de dichas áreas portuarias, nace la propuesta de una zona de actividad logística (ZAL) ubicada en Quillota, a 17 km de Concón, que contenga sectores de acopio, instalaciones de transporte intermodal, área de galpones industriales y polos de desarrollo educacional, recreacional y habitacional. Se escoge dicha localidad por las posibilidades de crecimiento urbano que desde la costa sólo es posible proyectar hacia el interior, respetando así el borde marítimo y el espacio portuario de Concón; el emplazamiento de Quillota<sup>F2</sup> posibilita que la zona de actividad logística adquiera una condición urbana que en Concón tendría carácter residual o apartado.



F3 Muro de contención que separa el río y la ciudad

## A.2 / ACTUALIDAD DEL ENCARGO

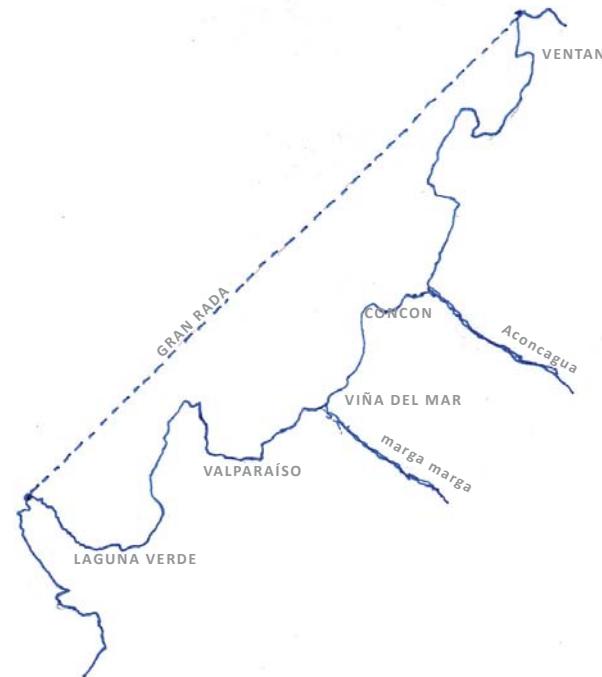
Quillota, que en sus albores como ciudad, era considerada el balneario de la zona central no ha sabido mantener ni construir el libre acceso a su río. Sin embargo, la vida de balneario de hoy se ha trasladado al mar, a las costas del litoral central como Reñaca, Concon, Valparaíso entre otros, lo cual deja en evidencia la perdida del río como un elemento urbano y recreativo en la ciudad. Actualmente se han propuesto por parte del Seremi de Obras Públicas, diversos proyectos de conectividad y restauración vial, permitiendo la fluides de traslado dentro de la ciudad y hacia o desde sus alrededores; y la recuperación de espacios urbanos para la vida pública. Pero no ha contemplado la conectividad transversal al río, manteniendo desvinculado con las grandes contenciones<sup>F3</sup> el quehacer urbano y recreativo con él. En los terrenos aledaños al río, actualmente se concentra una gran cantidad de viviendas de precaria calidad en condición de toma, que paulatinamente han ido regularizando sus dominios. Que ha detonado, un deterioro de la zona, impidiendo el desarrollo, aprovechamiento y disfrute de la ribera.

### Lo transversal y Longitudinal al Pacífico y el continente

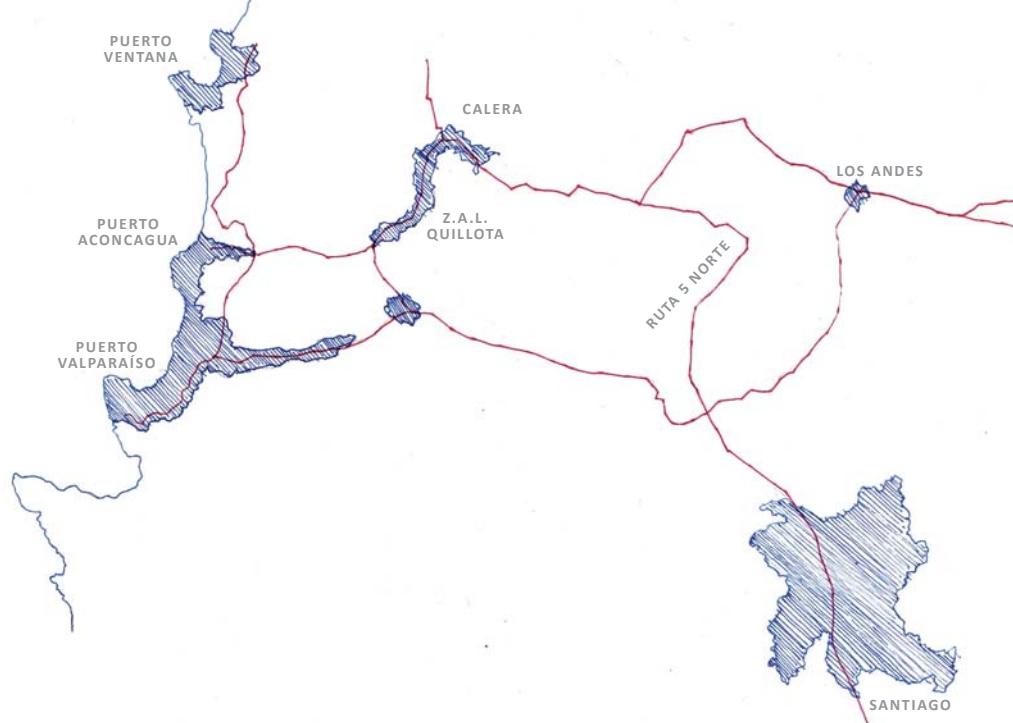
En lo longitudinal de la costa, Valparaíso como comuna y puerto ha visto en desmedro su condición de centro de la región, ante el crecimiento insipiente y diversificado de las comunas contiguas como Viña del Mar o Concón. Por lo cual ahora la rada de Valparaíso a pasado a ser la gran Rada de Valparaíso<sup>F4</sup>, abarcando desde Laguna Verde hasta Ventana. Sin embargo, esta nueva condición al ser de nivel continental, no se arma sólo con la costa marítima, sino que también se estructura transversalmente hacia el interior del continente vinculándose con Quillota, Los Andes y Argentina, y del mismo modo, el Océano Pacífico y Océano Atlántico.

### Lo transversal en la ciudad

Ni el transporte público, ni la posibilidad de acceso peatonal o vehicular privado, ha permitido el acceso al borde,



F4 La gran rada de Valparaíso, desde Laguna verde hasta Ventana



F5 Quillota como eje y centro estructurador del corredor bi-oceánico

excluyendo a la población ser parte activa de este. Ir al borde requiere de todo un esfuerzo físico, ya que su único acceso es a través de los espacios que deja el puente el Boco.

Este déficit de acceso vehicular o peatonal a impedido reconocer en su propio origen su destino, siendo no sólo un rol recreativo si no que es hacerse cargo de su río y su entorno, pues para darle y mantener la vida en él es imprescindible hacer parte a la población, permitiendo llegar al borde.

### El destino de Quillota

Quillota es la medianía<sup>a</sup> geográfica, conectiva y demográfica de la Cuenca del Aconcagua, es decir un constante entre magnitudes. Es por ello, que hay que construirle el modo de ser eje y centro estructurador del corredor bioceánico<sup>f5</sup>, que le permita confluir en ella las actividades comercial, industriales y culturales.

## A.3 / IMPORTANCIA DE DESARROLLAR EL ENCARGO

A nivel nacional el proyecto tiene la importancia de generar una nueva zona de actividad logística para Chile a partir de lo propuesto en el Puerto-Parque Aconcagua.

Lo que significará que a escala continental recibiría más comercio exterior para su distribución. Con esto, ayudará a su propia promoción como Zona de Actividad Logística. El comercio exterior se incrementará con la instalación de empresas que actúen conociendo los mercados y produzcan un buen producto, donde, el operador logístico podrá distribuir esa mercadería y mejorar la capacidad de comercio exterior. Además, el recibe mercaderías que tengan como destino a otros países, beneficiará de igual forma a nuestra economía.

La construcción de esta nueva zona en Quillota implica un incremento en las plazas de trabajo en la zona; mejoras de medio ambiental para la cuenca decantadas en un corredor biológico como mitigación a la contaminación industrial provocada por la ZAL, que se enmarca en un anillo de parque urbano. Y un ordenamiento del crecimiento demográfico impulsado por dicha actividad que al mismo tiempo redirecciona u orienta el crecimiento de la economía secundaria en la zona.



## **Fuentes de imágenes**

F1 - F5 Dibujos de autor





## **B/ OBJETIVOS**

### **B.1/ OBJETIVOS GENERALES**

Estudio y proyección de una zona de actividad logística en Quillota, vinculado al desarrollo educacional, base constitutiva de una cultura de región. Plan de crecimiento urbano proyectado a 15-20 años bajo un régimen de desarrollo sustentable.

### **B.2/ OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Plan Maestro de propuesta de zonificación Industrial y Parque-Habitacional en coordinación con las proyecciones de crecimiento urbano del Plan Regulador Comunal de Quillota, coordinando las bases culturales, vernaculares y naturales en el contexto del paisaje en torno a este plan maestro. Sosteniendo zonas de mitigación, corredores biológicos y espacios públicos.

Consolidación del río como frente marítimo y elemento estructurador de la ciudad, configurando su caja hidráulica sus elementos con un eje de penetración urbana de carácter recreativo.



## C/ FUNDAMENTOS

### C.1/ FUNDAMENTO TEÓRICO

Una ciudad de agua, así fue considera Quillota a orillas del río Aconcagua, según la concepción de balneario en los tiempos de la consolidación de la república. Esta consideración interna, así como la condición territorial de enclave que adquiere Quillota en el contexto del puerto Aconcagua, como el nuevo frente pacífico del continente, le ubicaría en la condición recreativa y comercial propias del río y el mar, respectivamente.

## C.1 fundamento teórico / ANTECEDENTES PORTUARIOS

### PUERTO PARQUE ACONCAGUA

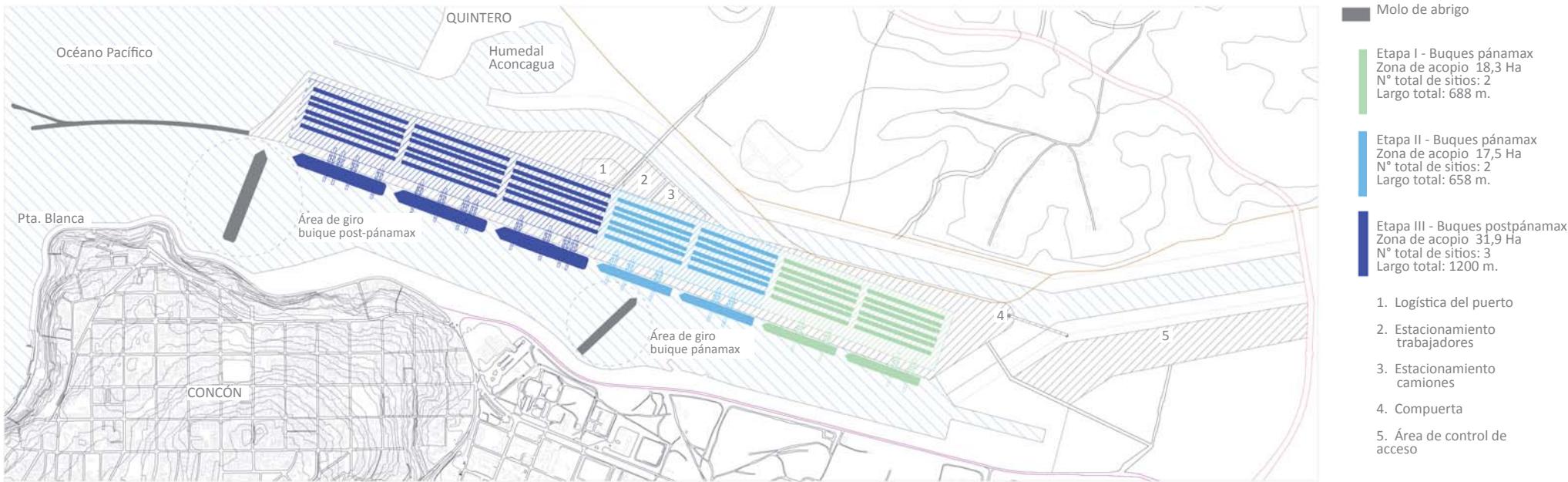
El proyecto del puerto<sup>F1</sup> parque para la desembocadura del río Aconcagua en Concón, se piensa como una zona de carga y descarga en aguas interiores, con las óptimas condiciones de protección ante el oleaje que derivan de estar situado al interior de las aguas del río, ocupando la zona conocida como “La isla”, al norte de la ciudad. Se busca consolidar a la ciudad de Concón como una ciudad capital portuaria, al integrar las actividades de este rubro a la ciudad tanto en la estructuración de su trama urbana, así como en su valor paisajístico. Dicha consolidación se plantea en el contexto de crecimiento que tendría el puerto de Valparaíso para el año 2045, y estructura la ciudad de Concón generando un crecimiento urbano en tres ejes:

Eje Puerto: Ocupa el espacio comprendido entre los brazos norte y sur del río Aconcagua para generar una plataforma – isla destinada como zona de acopio de contenedores: 45000 m<sup>2</sup>; para proyectar una zona total de acopio de 34.65 millones de toneladas; contemplando además una zona de expansión de acopio de contenedores: para 32.71 millones de toneladas, aspirando así a un total de producción de 67.36 millones de toneladas. El eje puerto construye además zonas de administración y logística del Puerto, áreas de control, estacionamiento de Trabajadores y camiones.

La plataforma portuaria viene a replantear la disposición hidráulica de la desembocadura de las aguas. El actual brazo norte continuaría siendo la desembocadura de las aguas del río, mientras que las aguas correspondientes al brazo sur serían una entrada de mar con calado y radios de giro suficientes para recibir buques tipo Pánamax y Post-Pánamax. En caso de crecidas que aumenten de forma sustancial el caudal del brazo norte, se propone una compuerta que permita entregar parte de su flujo másico a la entrada de mar sur.

Parque urbano-rambla<sup>F2</sup>: Permite consolidar la relación entre ciudad y puerto mediante un paseo costero que da cabida al espectáculo portuario y a la vida urbana mediante una serie de espacios públicos: Rambla de las Rocas, Rambla Gastronómica, Rambla de los Aromas, Rambla del Agua, Rambla de las Magnitudes, Rambla del Cerro, plazas, miradores y un Mercado (Tesis Eduardo Deney).

Eje Parque Ecológico: Ubicado al norte de la plataforma portuaria, da cabida a la vida pública configurando una cultura de cuidado ambiental, está conformado por: Zona parque balneario, Zona parque Canopy, Zona Habitacional “El Mirador”, Zona Industrial, Zona de Amortiguamiento, Zona Parque fondeo deportivo en conjunto con el Parque del juego y el deporte (Tesis Carla Figueroa), Zona Habitacional “Las Gaviotas”, Zona Parque Fluvial y Zona Humedal.



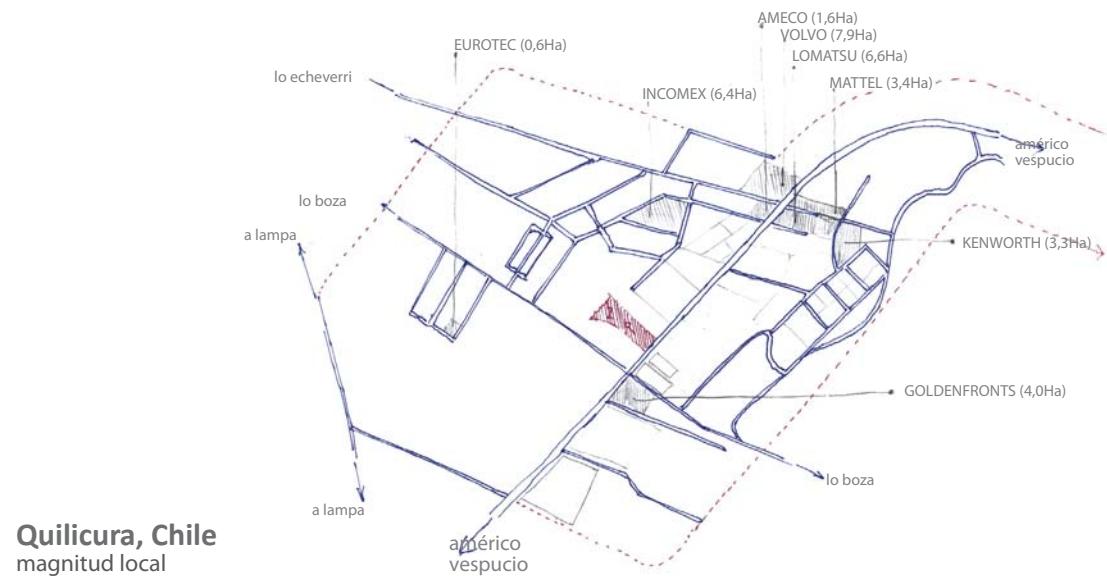
F1 Puerto Parque Aconcagua: propuesta de instalaciones portuarias



F2 Puerto Parque Aconcagua: zona de rambla

## CASOS REFERENCIALES

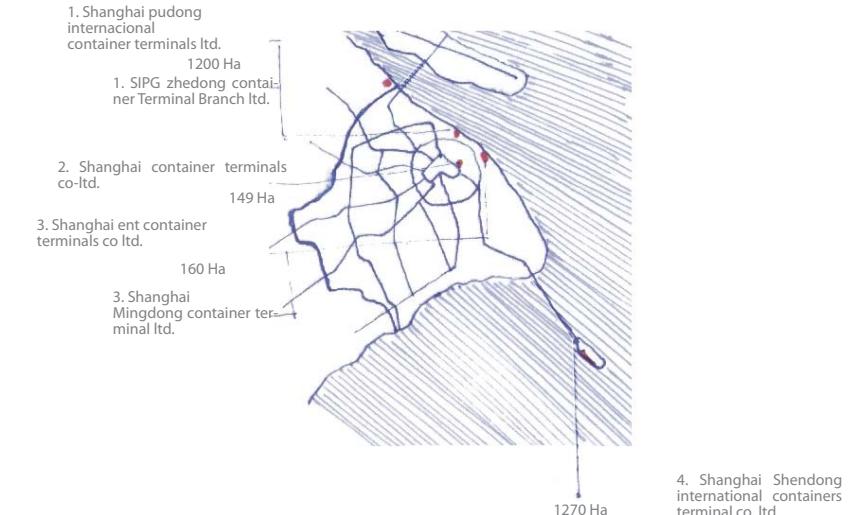
Con el fin de comprender las magnitudes, las disposiciones espaciales y urbanizaciones de ciudades portuarias es que como antecedentes se realiza un estudio de diversos puertos y zonas de actividades logísticas a través del mundo.



**Quilicura, Chile**  
magnitud local

- - Cercano a las rutas estructurantes de la ciudad [Américo Vespucio]
- Contigüo a Aeropuerto Internacional de Santiago
- El área del parque industrial rodea las 900 Ha
- Conjunto Habitacional en el centro

**Shanghai, China**  
magnitud global

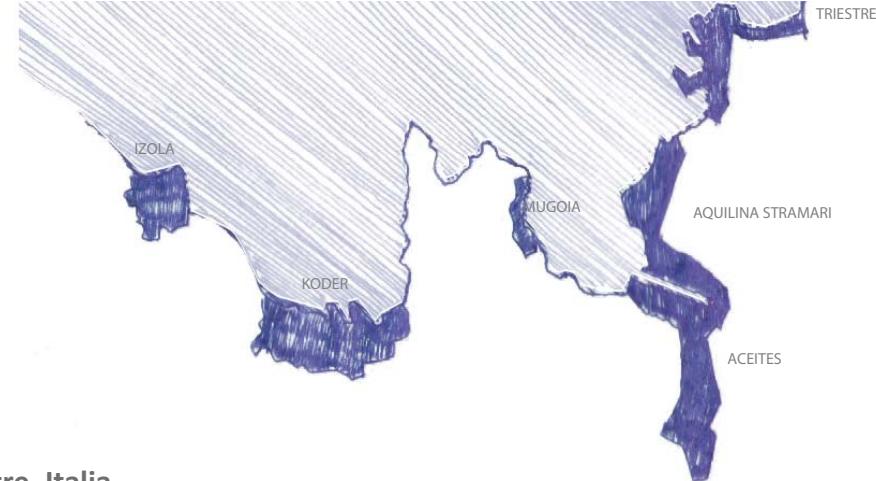


- - 50 dársenas en un muelle de 20 kms pudiendo descargar 50 barcos a la vez
- 20 horas en descargar y cargar un total 5000 contenedores
- El puerto más activo del mundo, mas menos de un billón de toneladas al año
- Un grúa mueve hasta 50 contenedores por hora con trabajadores por turnos.



### **Rotterdam, Países Bajos el puerto de Europa**

- Es el puerto más activo de Europa, prestando servicios hasta Europa central
- La mayoría de las importaciones proceden de EE.UU. y de Asia
- Dado el crecimiento de las importaciones Chinas, se ha incrementado la inversión en Z.A.L.



### **Triestre, Italia distribución**

- 5 áreas diferentes dentro de la ciudad , 3 para áreas comerciales y 2 industriales
- Área antigua, Área Nueva, Área Terminal
- Área aceites minerales y Área de actividades industriales



- Situación geográfica similar a Valparaíso, un avenida que separa el puerto de la ciudad
- Concentra en sus extremos norte y sur el equipamiento urbano
- un único molo de abrigo resguarda todas las instalaciones portuarias



- Integra la Zona de Actividad Logística industrial (810 hac) a la franja portuaria
- Distingue las zonas de puerto energético y puerto de contenedores

## CONTEXTO ECONÓMICO

### Economía Regional<sup>F9</sup>

Para comprender la importancia de un puerto en el Aconcagua es necesario contextualizar a nivel regional la economía considerando las exportaciones e importaciones, primero a nivel continental abarcando la cuenca del pacífico y sus principales actores, como lo son China, Japón y Chile, donde este último es el intersticio y contacto con el hinterland de América del Sur, Argentina, Brasil y Uruguay.

Hay que destacar la gran incidencia de China dentro de los países de América, considerando que su exportación principal es la de Servicio e importa Alimentos. Japón por su parte exporta Tecnología e importa energía. En el caso de América, de igual forma analizamos las principales exportaciones e importaciones, por ejemplo, Argentina exporta alimentos para animales e importa Servicios automotrices. Brasil exporta equipo de transporte e importa maquinaria. Paraguay exportador de Soja e importador de bienes de consumo. Uruguay exportador de Carne e importador de maquinaria. Esto queda más claro revisando los gráficos adjuntos. Y dentro de todos este contexto, Chile como un puerto HUB entre Asia y el interior de América.

### Economía Local<sup>F10</sup>

La exportaciones de la quinta región representan el 8.55% total del país, este porcentaje en dólares equivale a 2.725.788.490 USD.

Las principales exportaciones de la región se encuentran en productos de la industria manufacturera y energética, acompañada de la industria comercial y agropecuaria, siendo esta última de gran importancia a pesar de cantidad de exportación.

Específicamente en Quillota la economía se dedica a la Horticultura, Fruticultura, Energía y Comercio y los destinos principales de estos son China con 18% y EE.UU. con un 13%. A nivel de Continentes, más del 52% se destina a Asia, siendo este un factor importante en la relación de América con dicho continente.



### CHINA

exportaciones importaciones  
maquinarias alimentos  
transporte caucho  
textiles materia prima  
hule combustible  
metal maquinarias  
combustible textiles  
lubricante transporte

### JAPON

exportaciones importaciones  
electrónica petróleo  
automóviles gas  
transporte hierro  
sust. químicas carbón  
maq. industrial carne  
bien consumo

### BRASIL

exportaciones importaciones  
eq. transporte maquinaria  
hierro mineral eq. transporte  
frijol prod. químico  
calzado aceite  
café parte de autos  
automóviles electrónica

### ARGENTINA

exportaciones importaciones  
alm. para animal vehículos  
planta medicinal partes de auto  
aceite de petróleo tv. y móviles  
maíz gas natural  
cereales

### PARAGUAY

exportaciones importaciones  
soja vehículos  
algodón bien consumo  
carne tabaco  
alimentos prod. petróleo  
electrónica electrónica  
maquinaria

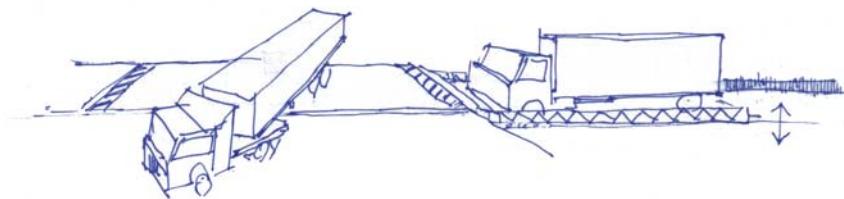
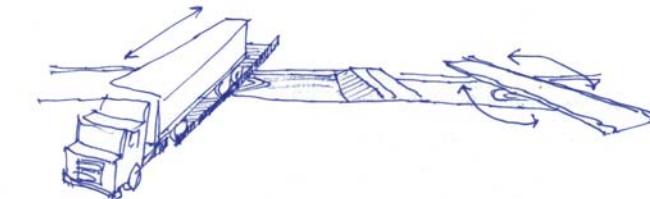
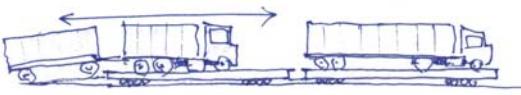
### URUGUAY

exportaciones importaciones  
carne maquinaria  
soja petróleo  
arroz químicos  
trigo plásticos  
madera minerales  
leche alim. procesados  
electrónica

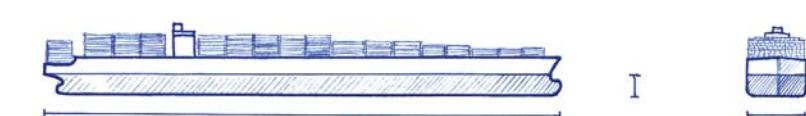
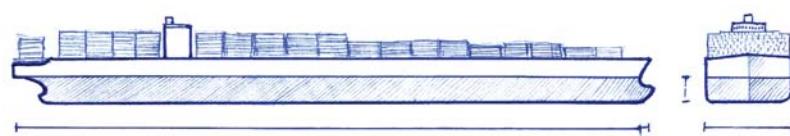


f9 Economía de la cuenca del Pacífico, que relaciona Asia con América

f10 Economía de la quinta región y su relación dentro de sus vínculos entre el pacífico y Argentina



F11-F12-F13 Intermodalidad del tipo carretera rodante, modulor y resor@il



F14 Barcos panamax y post-panamax

## SISTEMAS DE TRANSPORTES

El proceso de transporte comienza en los pallet de diversos tamaños, siendo seleccionados según el contenedor que será utilizado para su transporte, con el fin de un aprovechamiento al máximo del espacio.

En cuanto a los barcos, los tipos panamax, son aquellos que pueden pasar por el canal de Panamá, y por ellos sus dimensiones, ya que el canal tiene un largo de 320 metros en cada nivel. Mientras que los post-panamax son barcos de dimensiones mayores a estas y que por razones obvias no pueden pasar por el canal de Panamá.

### Intermodalidad

Son movimientos de mercancía en una misma unidad o vehículos usando 2 o más modos de transporte sin manipular la mercancía en los intercambios de modo. Transporte de mercancías de forma integrada, sin proceso de carga y descarga. Mientras que multimodalidad, designa la organización de transporte mediante la simultaneidad de diferentes modos para un mismo itinerario o una zona geográfica concreta. Los transporte combinados, son aquellos que utilizan más de un tipo de transporte, que puede ser principalmente en tren, vía navegable, travesías marítimas con el mínimo de recorrido por carreteras.

### Carreteras Rodantes<sup>F11</sup>

Tecnología de origen suizo para transporte de camiones enteros y de vehículos articulados utilizando vagones con ruedas de diámetro reducido. La carga es longitudinal (por el extremo del tren)

### Modulohr<sup>F12</sup>

los carros del tren tienen doble chasis, del cual el superior gira para hacer una carga o descargar oblicuamente, demorando 30 minutos cada uno.

### Resor@il<sup>F13</sup>

el camión es cargado por completo sobre trenes oblicuamente, sus carros poseen elevadores para dejar el camión en linea con las estaciones de carga o descarga

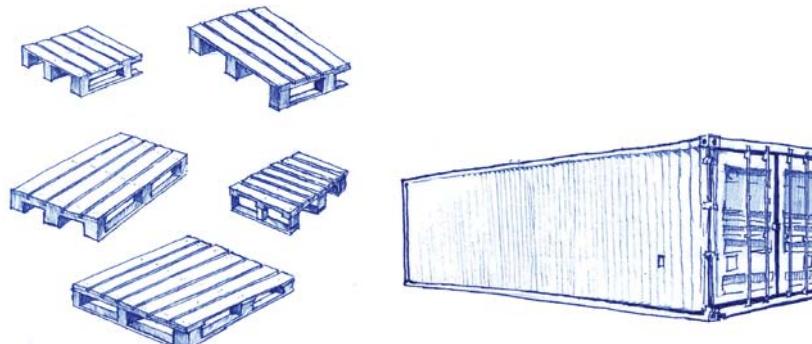
## Pallet<sup>F15</sup>

Existen pallet de:

ISO 1200 x 1000mm

CEN 1200 x 800mm

y múltiplos como 600 x 800, 300 x 400



F15 Diversos tipos de pallet utilizados para el F16 Contenedores que traslada las cargas.  
transporte de carga

## Contenedores<sup>F16</sup>

40 pies y 30 toneladas (12,20 mts)

30 pies y 25 toneladas (9,15 mts)

20 pies y 20 toneladas (6,10 mts)

10 pies y 10 toneladas (3,05 mts)

todos con un ancho y alto de 2,44 y 2,59 respectivamente

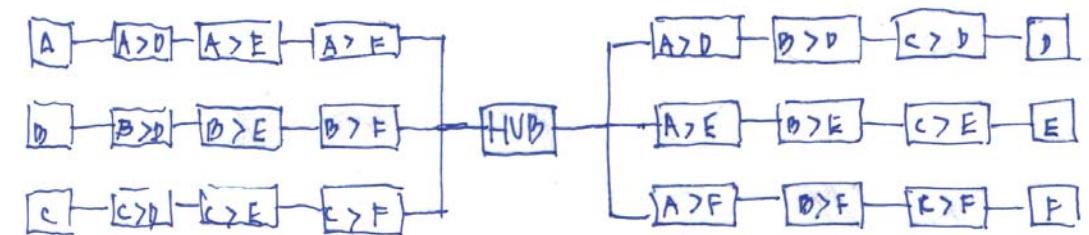
Contenedores de gran capacidad con alturas superiores a 2,9 metros

Contenedores de extraordinaria capacidad con longitudes superiores a los 13 metros

## Puertos Hub<sup>F17</sup>

Aquel puerto que aglutina gran cantidad e flujo, concentrando y distribuyendo, para que un puerto se convierta en HUB es imprescindible:

- Buena situación geográfica
- Hinterland (existencia de mercado y servicios que lo puedan satisfacer)
- Multimodalidad nacional e internacional
- Calidad y rapidez en los servicios
- Servicios de valor añadidos (ZAL)



F17 Esquema que muestra la puerto HUB con conector de 6 puertos diferentes

## **CONCEPTO DE ZONA DE ACTIVIDAD LOGÍSTICA**

Se trata de un área relativamente segregada del resto de las operaciones portuarias, especializada en las actividades de almacenamiento y distribución de mercaderías en donde, además, se desarrollan actividades y se prestan servicios de valor agregado. Como área dispuesta e integrada de actividades logísticas, la ZAL se caracteriza por:

- Estar especialmente diseñada para la operativa logística.
- Concentración de actividades de la segunda y tercera línea logística en el puerto .
- Favorece la optimización de los procesos y sinergia entre clientes y usuarios.
- Representa el nivel más alto de calidad del nodo logístico.

Asimismo, la ZAL, como operador integral del desarrollo logístico, debe contar con actividades de desarrollo del área física, como:

- Formación
- Facilitación de Servicios.
- Fomento de la Comunidad Logística.
- Articulación de Ayuda a clientes Finales.

Otra de las ventajas competitivas que tienen los puertos tiene que ver con los efectos sinérgicos que generan las actividades logísticas dentro del área de servicio. Para un puerto, disponer de una Z.A.L. es fundamental, ya que esta diferenciación le brinda la posibilidad de poder atraer un mayor volumen de carga que puede ser enviada a través del mismo. Esto genera una relación positiva entre el flujo de carga y los buques: la carga atrae a los buques y los buques atraen a la carga. De esta manera, el puerto genera actividad y negocio.

El puerto puede generar ingresos no solamente a partir de un centro de distribución propiamente dicho en él ubicado, sino también como consecuencia del creciente flujo de carga a través del puerto. Esta diferencia sólo es posible a partir de la sinergia Z.A.L.- Puerto, ya que un centro de distribución desarrollando el negocio solamente a partir de su propia actividad no puede obtener esta ventaja. Si el puerto, además de contar con una ZAL portuaria, cuenta con facilidades para ser centro de transferencia de cargas intermodal (Ferrocarril o Camión), es óptimo desde el punto de vista de la logística y le da una ventaja competitiva.

La utilización del ferrocarril en el tráfico portuario, tiene un efecto multiplicador en su hinterland y además, tiene efectos de disminuir los impactos urbanos y regionales, con la disminución de los efectos nocivos que tiene el transporte carretero.

Una fortaleza obvia de un puerto es que tiene acceso directo al transporte marítimo. Para la carga marítima, una Zona de Actividades Logísticas en un puerto puede tener una ventaja en comparación con otro centro en la región.

#### Z.A.L.Valparaíso<sup>F18</sup>

La Zona de Extensión de Apoyo Logístico ZEAL es una plataforma de control y coordinación logística, que incluye la zona primaria aduanera de Puerto Valparaíso y un conjunto de servicios agregados para la atención de la carga que es movilizada por este puerto. Tiene en total de 36 hectáreas divididas en dos zonas

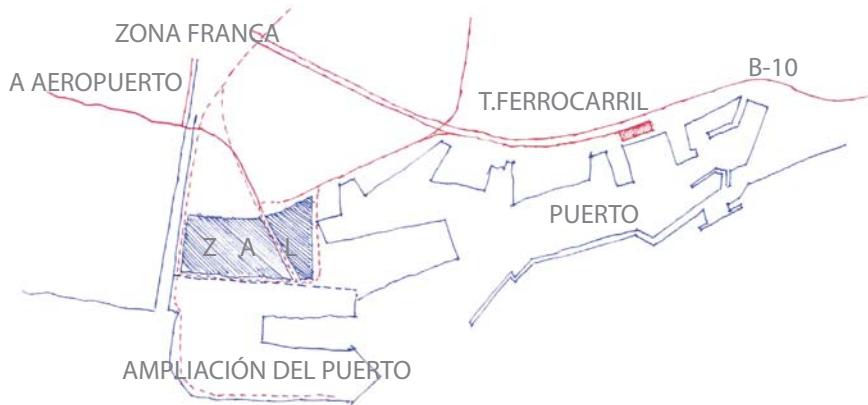
a/ Zona de Inspección y Coordinación de Terminales (ZICOT) 20 Hás  
Donde se realiza la actividad de control, coordinación y fiscalización del flujo de carga de ingreso y salida del puerto.

En el lugar operan los distintos actores y usuarios del puerto que intervienen en la cadena logística portuaria. Se incluyen los servicios públicos, autoridad portuaria, agentes de carga, operador de terminales, entidades de apoyo al proceso de fiscalización, entre otros.

b/ Zona de Extensión o de Servicios Especiales (ZSE) 16 Hás  
Este sector ha sido habilitado íntegramente por el Concesionario y su objetivo es brindar servicios a la carga, apoyar complementariamente la fiscalización y otorgar otras prestaciones especiales, con la finalidad de potenciar y optimizar la competitividad de Puerto Valparaíso.



F18 Zona de Extensión de Actividad Logística de Valparaíso.



F19 Puerto de Barcelona y su zona de actividad logística.

### Beneficios de la ZAL

#### Para el Puerto, Usuarios y Clientes

Reducción de 30% en permanencia de vehículos de carga en el sistema portuario.

Oficinas e instalaciones para usuarios y conductores.

Información logística en línea 100% disponible.

#### Para la ciudad

Permite que el puerto opere por el Acceso Sur y hace posible el reordenamiento territorial de la ciudad.

Traslado de todo el flujo de camiones desde el centro de la ciudad al Acceso Sur, y Mejoramiento de la seguridad vial en arterias urbanas.

Urbanización del sector alto de Valparaíso.

### Z.A.L. Barcelona<sup>F19</sup>

Es la plataforma logística del Puerto de Barcelona, el cual se inserta dentro Europa como el puerto de acceso hacia el Mediterráneo. Se emplaza en las inmediaciones del puerto y consta con una superficie de 208 hectáreas para el tratamiento logístico de las mercancías con origen y destino marítimo.

La Z.A.L. se ha desarrollado en dos fases: La primera, y actualmente ya consolidada, cuenta con un espacio de 65 hectáreas y con capacidad distribuida de 60 compañías nacionales e internacionales del sector logístico, transporte y comercio exterior. La segunda fase proyecta, cuenta con 143 hectáreas y está actualmente en pleno proceso de consolidación

Todo esta zona posee una intermodalidad total de transporte a través de la cercanía con las autopistas y carreteras que atraviesan la ciudad y le conectan con el resto de la región, el aeropuerto que se encuentra a menos de 5 minuto de la zona y la estación de ferrocarriles que se encuentra inserta dentro del mismo puerto, el cual está en un proceso de ampliación, para incrementar su capacidad.

A su vez la Zona de Actividad Logística de Barcelona distribuye sus servicios en tres puntos esencialmente, para las empresas, las cargas y las personas. En esta últimas hace énfasis en la parte educativa, ya que dentro de sus instalaciones ubica salas de cuna y jardines infantiles, y de igual forma posee centros de educación técnica asociada a las actividades de la industria portuaria.

## **CONCEPTO DE CORREDOR BIOCEÁNICO**

Un factor de desarrollo de las regiones de un país es su conectividad con el resto del territorio nacional y el exterior. Las rutas existentes que vinculan territorios de países vecinos, sumadas a las potenciales vías de conexión que pueden relacionarse con las obras existentes y eventualmente con terminales portuarios, van configurando corredores internacionales, conocidos en Sudamérica, como bioceánicos. Esta conectividad toma en cuenta complementariedades socio-económicas, logísticas y productivas entre regiones vecinas, constituyendo Ejes de Integración y Desarrollo.

Estos Ejes pueden incluir centros urbanos e industriales dotados de alta conectividad, así como localidades más aisladas o de menor desarrollo. En este último caso, la vinculación entre los diversos centros con regiones de mayor desarrollo, o con el exterior, pueden brindar oportunidades de acceso a servicios básicos, así como a un mayor intercambio de bienes, cultural y turístico.

La necesidad de potenciar las posibilidades de conectarse representa un desafío para la implementación de plataformas logísticas. En este empeño, los países de América del Sur, han debido preocuparse de la creación de accesos terrestres y fluviales desde sus centros habitados y de producción hacia los puertos marítimos, generando además conexiones hacia el interior de la Región, en un concepto amplio de la integración física. A su vez, ésta comprende aspectos tales como la infraestructura, el transporte internacional, y los controles fronterizos.

Asimismo, los países sudamericanos comparten la necesidad de sumar a las regiones menos desarrolladas de sus territorios a este proceso integrador, ampliando las oportunidades de acceder a las ventajas de una vecindad geográfica complementaria y diversa.

En este contexto, la conectividad intrazona presenta un mayor desafío para América del Sur, siendo también un factor de comunicación que involucra el concepto de acceso a través de países de tránsito. Esta perspectiva constituye una necesidad para la integración y el desarrollo local, de la misma forma que el acceso a terminales portuarios.

En una región integrada, cada país sirve al tránsito de otros, en una red de posibilidades de conexión.

Desde hace unas dos décadas, en Sudamérica se inició un proceso de concreción de ejes de conexión en torno a elementos geográficos, caracterizados por la continuidad física.

A inicios de los años noventa se comenzó a hablar de los “Corredores Bioceánicos” que sugerían la idea de conectar centros de producción con terminales portuarios, abriendo nuevas alternativas logísticas para los flujos de

comercio exterior. Siguiendo la misma lógica, pero en un concepto ampliado, en el marco de la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana IIRSA1, se habla de “Ejes de Integración y Desarrollo” para visualizar áreas comprensivas de uno o más corredores, donde además de la conectividad, se incluyen las potencialidades productivas que dan valor agregado a la complementariedad subregional.

La UNASUR – Unión de Naciones Suramericanas que nace en 2006 a partir de la Comunidad Sudamericana – (CASA, en 2004), integrada por los 12 países sudamericanos, tiene entre sus áreas prioritarias la integración física, el desarrollo sustentable y el medio ambiente, materias centrales en la perspectiva de la infraestructura regional. UNASUR hace un vínculo con la agenda IIRSA, considerando que éste es el marco de trabajo que da sustento técnico a sus objetivos de integración física.

### **Objetivos**

El establecimiento de corredores bioceánicos en Sudamérica ha tenido en cuenta la facilitación e intensificación del intercambio, con el fin de generar un espacio económico más integrado, y de lograr convergencias entre mecanismos e instituciones regionales. Al mismo tiempo, ha significado ampliar la plataforma de inserción internacional, fortaleciendo los enlaces terrestres entre los diversos centros de producción con los puertos del Pacífico y del Atlántico, abriendo nuevas conexiones hacia los mercados externos.

Desde el punto de vista interno, los países también han visto en este tema un medio para dinamizar el desarrollo de centros y localidades situados a lo largo de un corredor, aportando nuevas oportunidades a zonas tradicionalmente menos favorecidas en el área de influencia de aquél.

Más allá del desarrollo de la infraestructura, en los corredores o ejes de integración, también se busca satisfacer la facilitación del tráfico internacional y el intercambio entre los países, uniendo territorios a través de conexiones eficientes bajo un marco operativo y de normas acorde con esa finalidad. Es decir que, por una parte, se procura formar una plataforma logística de conectividad para el intercambio, y por otra, crear las condiciones normativas y operatorias para que se pueda efectivamente hacer uso de aquélla.

Chile ha participado en diversos foros destinados a avanzar en esta materia, asumiendo un rol activo y permanente en asociación con otros Estados, e impulsando el desarrollo de infraestructura para el transporte internacional, así como la creación de procedimientos para facilitar el tráfico transfronterizo.

En el funcionamiento de los corredores intervienen: Elementos normativos – institucionales, compuestos por

disposiciones legales relativas al transporte y el tránsito, las cuestiones aduaneras, sanitarias, migratorias, entre otras. Elementos derivados de las políticas y regímenes aplicables al comercio internacional y a las inversiones en los países participantes. Un sistema de transporte internacional sustentado en acuerdos internacionales, con normas análogas y prácticas nacionales armonizadas en un conjunto de países. Operadores y usuarios que requieren del funcionamiento de estos elementos. Las comunidades y habitantes de las zonas que forman parte de un corredor o eje de integración, sus autoridades locales y las asociaciones civiles que participan directamente en ámbitos de trabajo público – privado.”

## CORREDOR BIOCEÁNICO ACONCAGUA

Actualmente cerca del 85% de la carga se desplaza por mar, tomando rutas más largas y costosas, dada la baja confiabilidad de los pasos terrestres. El cruce de la Cordillera de los Andes de manera confiable y eficiente plantea un desafío fundamental para el éxito del proyecto.

### Los pilares fundamentales

Para diseñar el nuevo vínculo entre Chile y Argentina se fijaron dos postulados o pilares fundamentales para desarrollar el proyecto. El primero: El cruce debe estar operativo los 365 días del año. La única manera de conseguirlo es con un túnel a baja altura. Esta obra debe estar ubicada a más baja altura con relación con el túnel vial actual (a 3200 msnm), y los portales deben estar por debajo de la línea de nieve. Se evitan los recorridos por zonas altas y a cielo abierto que pueden comprometer al tránsito veloz. También se reducen fuertemente las pendientes en su recorrido y las alturas a las cuales habría que subir las cargas. Por razones de eficiencia y seguridad, entre otras, es ineludible pensar en un ferrocarril a tracción eléctrica para este corredor.

El segundo pilar es la necesidad de unificar la trocha. Afortunadamente, a ambos lados de la cordillera, las líneas ferroviarias existentes son de trocha ancha (1,676m). Esto representa una ventaja inigualable, ya que efectuar el recorrido con la misma trocha elimina el trasbordo de mercaderías y, consiguientemente, ahorra costos y tiempos.

### Las etapas

En 2022, luego de 10 años de construcción, se inaugurará el Corredor Bioceánico Aconcagua para satisfacer una demanda inicial de 13 millones de toneladas al año, pudiendo transportar hasta 24 millones. En la siguiente etapa se sumará una segunda vía en los tramos de cielo abierto, aumentando la capacidad hasta 34 millones de toneladas al año. En la tercera etapa se agregará un segundo túnel aumentando la capacidad a 53 millones de toneladas al año. Desde este punto, agregando material rodante, se continuará aumentando gradualmente la capacidad hasta 77 millones de toneladas al año.

## **Quillota en el contexto del Corredor Bioceánico**

“La definición de un “Corredor Bioceánico”, tiene relevancia bajo la mirada de su incidencia en los procesos de intercambio comercial cuando estos se realizan por mar. Es decir, el concepto tiene su origen en la relación de conexiones viales terrestres entre puertos que enfrentan, en este caso, los océanos Pacífico y Atlántico. Bajo esta mirada reduccionista del concepto, la localización de centros poblados en las márgenes del corredor, sólo tiene importancia cuando estos centros orientan sus perspectivas de desarrollo hacia estos procesos de intercambio comercial, que se verifican en los puertos conectados por el corredor y los mercados de origen y destino (Asia – Europa).

Una mirada orientada, en cambio, hacia el rol estructurador de asentamientos humanos, que estas vías de interconexión pueden tener, abre perspectivas de gran proyección para los centros poblados colindantes, al ofrecer oportunidades de desarrollo en direcciones múltiples, abiertas y no excluyentes, dependientes o no de su relación con los puertos comerciales. En este sentido, la materialización del corredor puede ser origen de segregaciones espaciales del territorio (visión reduccionista que ve al corredor como un ducto para el traslado de bienes), o bien la espina dorsal de un sistema territorial amplio y diversificado (visión integradora).

El territorio nacional presenta, al menos 7 puertos conectados con igual cantidad en Argentina Uruguay y Brasil, sin embargo, resulta evidente que la relación entre los puertos de la V Región y el puerto de Buenos Aires, a través de la ruta 60 (relación que se proyecta hacia los Puertos de Montevideo y Río Grande), es la que, potencialmente, tiene mayor vocación de convertirse en un corredor con visión integradora al conectar, además de dos zonas portuarias, dos áreas metropolitanas que concentran, cada una, más del 50 % de la población, la inversión y el consumo de sus respectivos países.

Esta última situación, potenciada con la presencia intermedia de la ciudad de Mendoza, las peculiaridades productivas del valle del Aconcagua en Chile y de la región de Cuyo y Rosario en Argentina, así como la minería e industria pesada de este último país, y la creciente incorporación de alta tecnología en ambos países, debe tomarse en cuenta a la hora de definir el modo con que este camino internacional se conecta con los territorios circundantes, en lugar de dividirlos en pro de una eficiencia vial de alcance reducido.

A nivel comunal el nuevo trazado del corredor, por la comuna de Quillota, planteado por el Plan Intercomunal, permitirá potenciar el sector Sur de la comuna, visualizándose en él un posible punto de articulación territorial de escala regional.”

## **TUNEL FERROVIARIO A BAJA ALTURA Y TREN TRASANDINO CENTRAL**

“En el marco de la Ley de Concesiones, ha sido presentada una Iniciativa Privada, la cual propone la creación de un cruce ferroviario en la Cordillera de los Andes, que unirá la localidad de Luján de Cuyo, en la Provincia de Mendoza, con los Andes, en la V Región de Chile.

Actualmente los modos de transporte en esta región son marítimos, viales o aéreos. Las cuales no logran satisfacer la creciente demanda de las economías sudamericanas y el comercio con Asia. Un ejemplo de esto es el hecho de que el Paso Cristo Redentor, el más utilizado para atravesar la Cordillera de los Andes, se encuentra a un punto casi de saturación y cerrado durante periodos del año por condiciones climáticas.

El proyecto plantea la creación de un cruce ferroviario por medio de la Cordillera de los Andes, con una alta capacidad de transporte y alta eficiencia. Para esto se requiere de un túnel a baja altura de aproximadamente 52 km de longitud, que permita evitar por un lado gran parte del terreno montañoso que impide el transporte veloz y por el otro sus condiciones climatológicas que imposibilitan la operación durante gran parte del año.

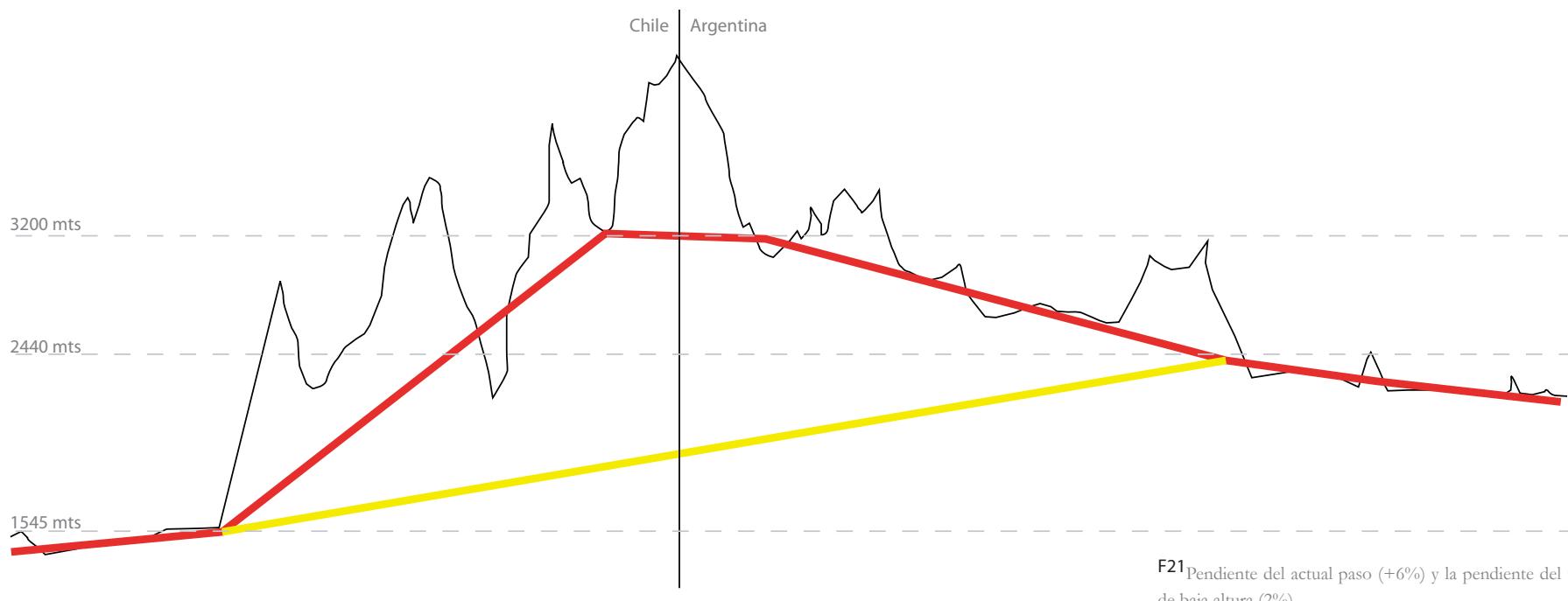
Se decidió plantear el proyecto paralelo al Paso Cristo Redentor, entre Mendoza en Argentina y la V Región en Chile. Debido a que este cruce es indiscutiblemente el de mayor importancia relativa respecto de todos los pasos terrestres existentes entre ambos países. De casi 7,5 millones de toneladas que se intercambiaron de manera terrestre a través de la frontera entre ambos países durante el 2006, el 66% se hizo por el Paso Cristo Redentor.

Es importante destacar que en este cruce, se encuentra el eje horizontal más relevante (comercialmente) de Argentina y Chile. Sobre éste se organizan las ciudades, centro de consumo y de producción más significativos de ambos países. Por el lado argentino, este eje comprende Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, San Luis y Mendoza, las que en conjunto representan más del 60% de la población argentina y más del 50% del PBI nacional. Por el lado chileno se encuentra la Región de Valparaíso y la Región Metropolitana de Santiago, reuniendo casi el 50% de la población y más del 50% del PBI de Chile.

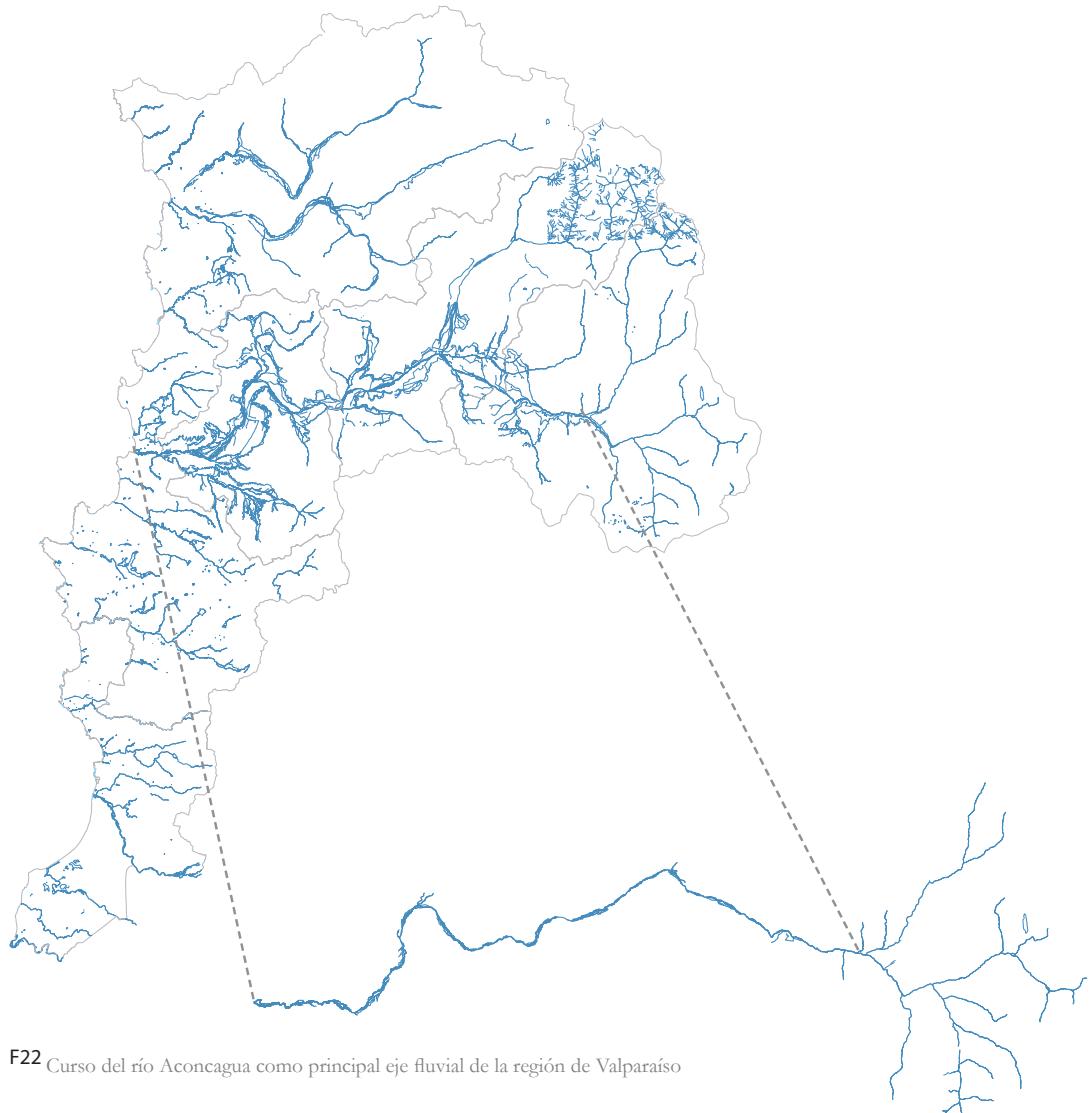
Proyectos como estos han demostrado que promueven el crecimiento económico de las regiones involucradas. En particular, para promover el desarrollo de Chile y Argentina, y contribuirá significativamente a la competitividad de la región.”



F20 Ciudades que se ven beneficiados por el desarrollo del corredor biocáénico Aconcagua



## C.1 fundamento teórico / ANTECEDENTES URBANOS



### VALLE DEL ACONCAGUA

La hoya del río Aconcagua se desarrolla en el extremo sur de la zona de los Valles Transversales o Semiárido, en la V Región de Valparaíso. Su extensión alcanza a 7.340 km<sup>2</sup>, y su rumbo general es de E a O. Sus más caudalosos afluentes los recibe por la ribera norte. Sus cabeceras alcanzan elevaciones excepcionales, como son los cerros Juncal (6.110 m); Alto de los Leones o Cabeza de León (5.400 m.) y el macizo del Aconcagua (7.021 m.)

#### Clima

El clima que se distinguen en la cuenca del Río Aconcagua corresponden a Templado de tipo Mediterráneo con estación seca prolongada, y se desarrolla prácticamente en toda la cuenca. Su característica principal es la presencia de una estación seca prolongada y un invierno bien marcado con temperaturas extremas que llegan a cero grados.

La zona alta de la cuenca registra una temperatura media anual de 15,2° C pero los contrastes térmicos son fuertes. En verano las máximas alcanzan valores superiores a 27° C durante el día. Los montos de precipitación media anual registrados en el sector costero de la cuenca alcanzan valores aproximados de 395 mm/año y temperaturas de 14,5° C. Por efectos del relieve, en el sector centro de la cuenca, se presentan áreas de mayor sequedad y montos menores de precipitación (261 mm/año). En sectores más elevados, las precipitaciones aumentan alcanzando valores medios anuales de 467 mm y temperaturas medias anuales de 14,1°C. Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, las pérdidas de agua por evaporación potencial en el sector centro de la cuenca (Quillota) alcanzan los 1.361 mm/año.

#### Biodiversidad

##### La Flora

La flora terrestre de la cuenca, se caracteriza por la presencia de las siguientes comunidades vegetales: Matorral Esclerófilo Andino presente en la zona alta del río y Matorral Espinoso de las serranías y Bosque esclerófilo costero, en el valle y desembocadura del río respectivamente.

##### a/ Matorral Esclerófilo Andino:

Esta formación vegetal responde a un patrón de distribución que está determinado esencialmente por el relieve, siendo importante la influencia de la exposición. En esta formación vegetal, se distinguen las siguientes especies: Franjel, Duraznillo, Maitén y Ciprés.

b/ Matorral Espinoso de las serranías:

La fisionomía vegetacional es heterogénea por la diversidad del mosaico ambiental, pero domina la condición xerófita de los arbustos espinosos. En esta formación vegetal, se distinguen las siguientes especies: Algarrobo, Espino, Colliguay, Sauce Amargo, Quillay y Chagual.

c/ Bosque Esclerófilo Costero:

Bosque esclerófilo que se encuentra muy alterado, mostrando la presencia de diferentes estados regenerativos. Se distribuye en un sector costero montañoso y en las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa. En algunas localidades se encuentran relictos de un antiguo bosque laurifolio hoy día desaparecido. En esta formación vegetal, se distinguen las siguientes especies: Belloto, Patagua, Peumo, Molle, Palma, Litre, Canelo y Boldo.

**La fauna** F23 - 30

La fauna asociada a la vegetación descrita anteriormente se compone de aves granívoras e insectívoras, como las perdices, codornices, chincol, diuca, loica, picaflor, zorzal, tagua y tórtolas. También son comunes en esta área los reptiles y mamíferos menores como zorros, el quique, liebres, chingue, chinchillas, laucha andina y roedores en general. Encontrándose más de 30 especies endémicas dentro del grupo de anfibios, reptiles y aves.

La mayor cantidad de aves, las encontramos en el curso medio del río, destacándose las colonias de garzas y de grandes familias de gaviotas en verano en su desembocadura, a las cuales se suman las aves que inmigran desde el hemisferio norte.



F23 Tórtola



F24 Laucha andina



F25 Tagua



F26 Quique



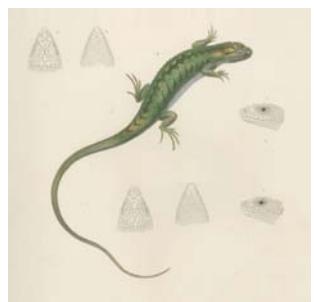
F27 Perdiz



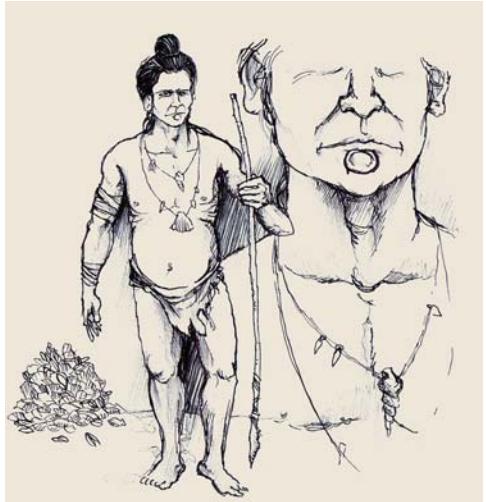
F28 Chingue



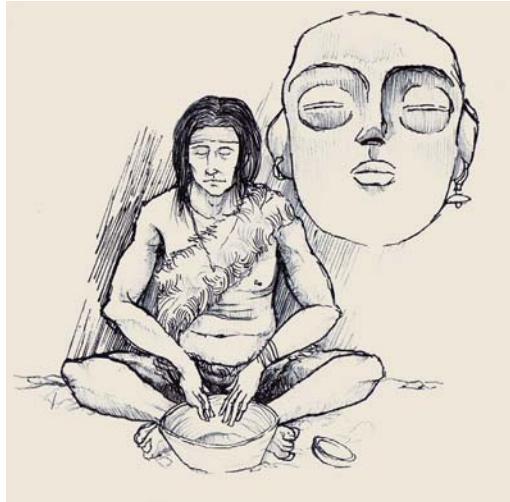
F29 Loica



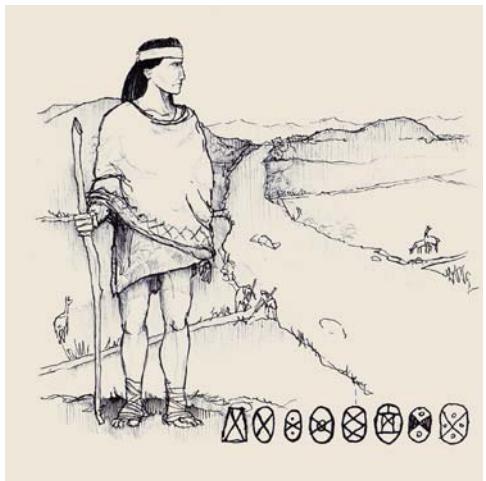
F30 Lagartija



F31 Complejo cultural Bato



F32 Complejo cultural Llolleo



F33 Cultura Aconcagua (picunche)



F34 Influencia Incaica

## ASENTAMIENTOS PRE-COLOMBINOS

En el valle del Aconcagua pre-colombino, conocido entonces como “valle de Chile”, se desarrolló principalmente la cultura Aconcagua, conocidos como los Picunche (gente del norte) en la tradición Mapuche. Los primeros vestigios de este pueblo datan de alrededor del año 1000. Tuvieron gran influencia diaguita en la alfarería y el desarrollo de la agricultura. En los sectores costeros, y adentrándose por razones comerciales por el Aconcagua, se encontraban los Changos. Se hizo efectiva en esa zona la dominación del Imperio inca, que se estableció en esta comuna y sus alrededores, con el fin de realizar la explotación agrícola de los suelos.

La influencia Inca llevó a que ya a la llegada de los españoles, éstos se encontraran con un valle mejor trabajado, en el que ya se habían arrancado acequias al río y con núcleos más importantes de asentamiento indígena.

### Complejo cultural Bato (300 aC – 800 dC)<sup>F31</sup>

Los Bato habitaron desde el Estero Los Molles, hasta el río Maipo. Ocuparon preferentemente los lomajes o terrazas costeras cercanas a vertientes o quebradas que van hacia el mar, lo que les permitía el uso de recursos marinos. Por vivir en la costa las mayores evidencias de su cultura corresponden a depósitos conocidos como conchales. Propio de los Bato, es el uso del tembetá (adorno que usaban perforando el labio inferior).

Un rasgo muy particular y único de ellos es que enterraban a sus muertos hacia la periferia o bajo los mismos conchales que habitaban. La forma de disponer los cuerpos de sus muertos era flectada y acompañados de camélidos sacrificados.

### Complejo cultural Llolleo (200 aC – 800 dC)<sup>F32</sup>

Habitaron desde el valle del río Choapa hasta las cercanías del río Maule, y convivieron en el mismo momento con las poblaciones Bato y las Molle. Habitaron las terrazas de ríos, y los sectores costeros que estaban relacionados a los sistemas de valle o quebradas del interior, lo que hace pensar en poblaciones de economía. Sepultaban a sus muertos bajo el mismo sector de habitación y entre las costumbres funerarias destacan el uso de urnas de greda para el entierro de párvidos y mujeres. Su cerámica da énfasis a las representaciones con formas humanas y de animales. El conjunto de la cerámica hace pensar a los arqueólogos que podrían ser las poblaciones arqueológicas que fueron dando origen paulatinamente a la población Mapuche histórica.

## Cultura Aconcagua (Picunche) (900 dC – 1200 dC)<sup>F33</sup>

Pueblo de agricultores y ganaderos que habitaron entre la costa y la Cordillera de Los Andes, unos pocos kilómetros al norte del Aconcagua, con fuerte presencia en la cuenca del Mapocho y Maipo.

Se conoce la existencia de jefes, llamados Curacas o Caciques, que gobernaron dividiéndose la tierra en la “mitad de arriba” y la “mitad de abajo”. La alfarería alcanzó con ellos una gran notoriedad, donde se destaca el motivo decorativo en la cara externa de la vasija llamada Trinacio.

Sus formas de enterramiento se caracterizaban por estar emplazados en lugares específicos y alejados de sus viviendas. Enterraban a sus muertos (uno, dos o más familiares) bajo túmulos de tierra. Los individuos eran puestos en posición estirada acompañados de ofrendas cerámica.

## Influencia Incaica (1200 dC – 1536 dC)<sup>F34</sup>

Es en este cruce de caminos en donde surgió el germen del Mitimae de Quillota. Pachacuti Inka Yupanqui, quien inició la expansión Inka al Collasuyo al que pertenece este territorio, ya se había iniciado una serie de intercambios de carácter tecnológicos y agrícolas, lo que había comenzado a cambiar el panorama cultural de la zona.

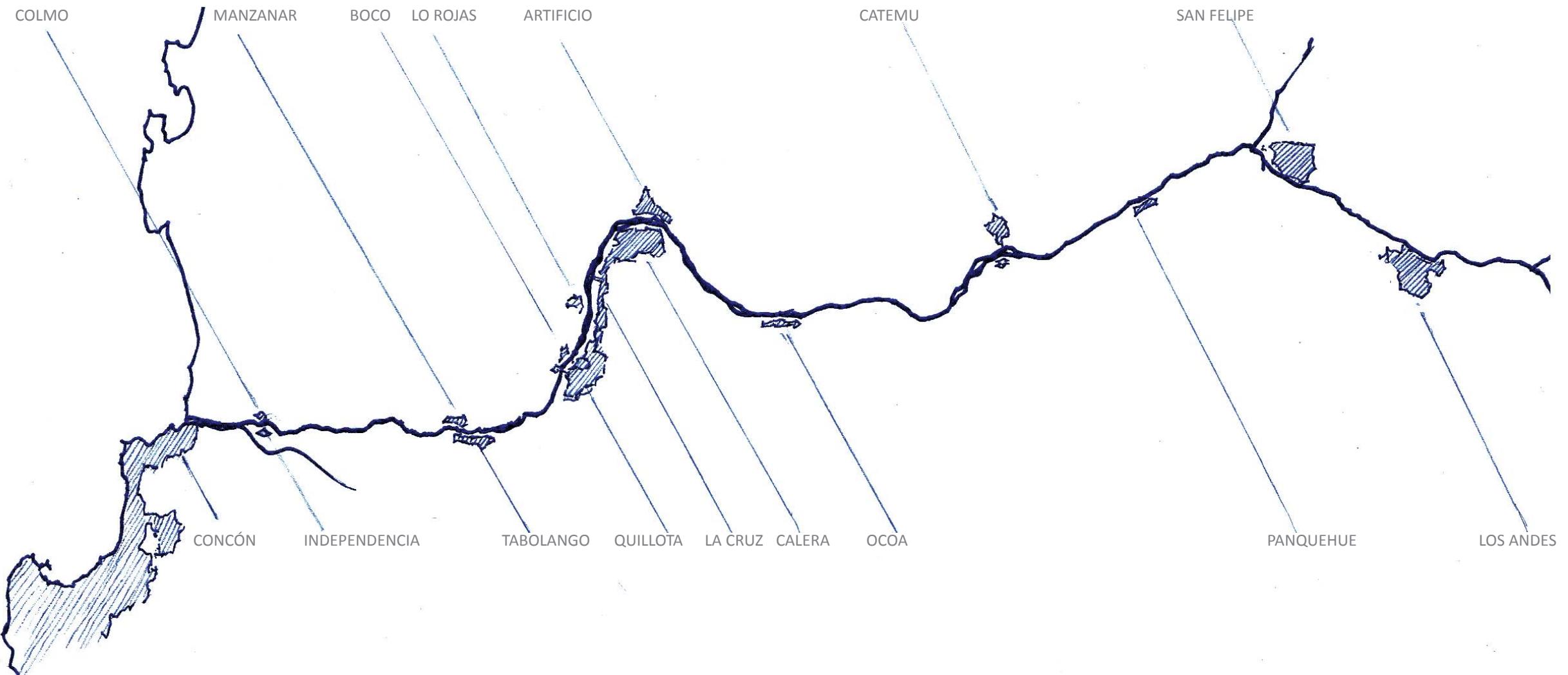
Los Agricultores se mandaban a Quillota y otras partes, para darles confianza y tecnología a los pueblos ubicados en la zona. Los Incas se ponían en el cerro Mayaca para visualizar el valle y así poder cobrar los “tributos” cuando veían a “originarios” pasar. Estos tributos, generalmente, eran pagados en pepitas de oro o polvo de oro.

El sistema jerárquico y de tributos operó en la zona un proceso revolucionario que facilitó la alianza con los jefes picunches locales y la instalación del aparato burocrático incásico. Apenas se crearon las alianzas, apareció la tecnología del Tawantinsuyu, cual es habitar la pendiente, arquitecturizar los cerros, construir terrazas para los cultivos menores. Quillota se convierte en la capital del Collasuyo.

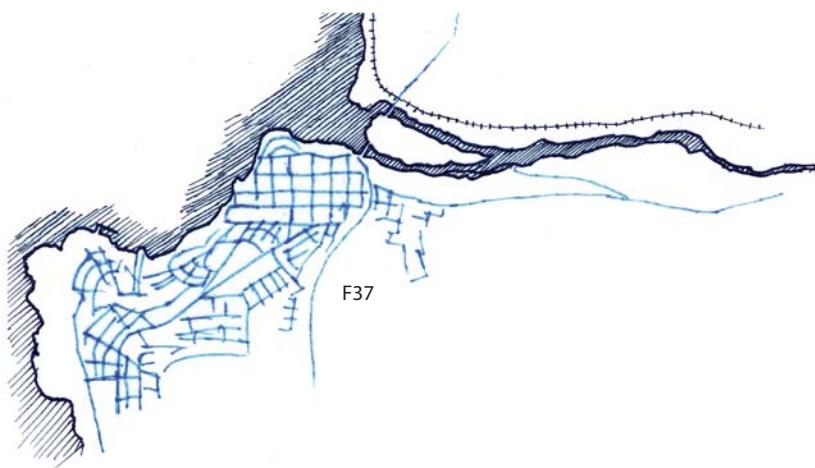


F35 Enfrentamiento entre indios Aconcagua e Incas.  
Ilustración de Guamán Poma de Ayala.

## ASENTAMIENTOS URBANOS EN LA CUENCA DEL ACONCAGUA



F36 Asentamientos urbanos en la cuenca del Aconcagua



#### Concón <sup>F37</sup>

**Población:** 31.558 habitantes

**Economía:** Turismo, Gastronomía, Industria energética (RPC), Pesca

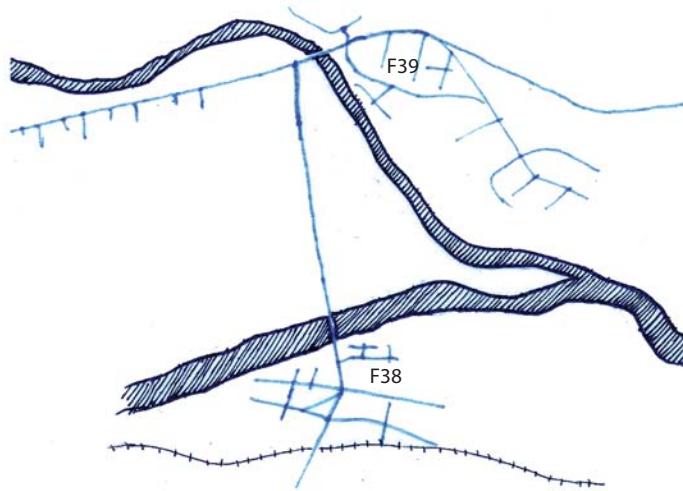
**Relación con el río:** La ciudad construye su original cuadrícula en el eje que proyecta el río hacia el interior (oriente). La desembocadura sirve como emplazamiento estratégico en la conformación de la rada, sin embargo el crecimiento urbano se realiza hacia los cerros y la costa. La instalación de la RPC impide el crecimiento urbano en el eje río.

#### Independencia <sup>F38</sup>

**Población:** 715 habitantes

**Economía:** Agricultura, Extracción de áridos

**Relación con el río:** El asentamiento no regularizado se genera con la distancia prudente que permite la protección ante crecidas al sur del Aconcagua, aledaño al cauce del estero Limache que baja del embalse Los Aromos.



#### Colmo <sup>F39</sup>

**Población:** 536 habitantes

**Economía:** Agricultura, fruticultura, floricultura

**Relación con el río:** Asentamiento que nace del ex – fundo “Santa Rosa de Colmo”; se aprovecha un talud más pronunciado para alcanzar la mayor cercanía al río. La población se asienta entre el eje del río y el camino a Valle Alegre trazando entre ellas una diagonal

#### Manzanar <sup>F40</sup>

**Población:** 1.390 habitantes

**Economía:** Agricultura, Fruticultura, Floricultura

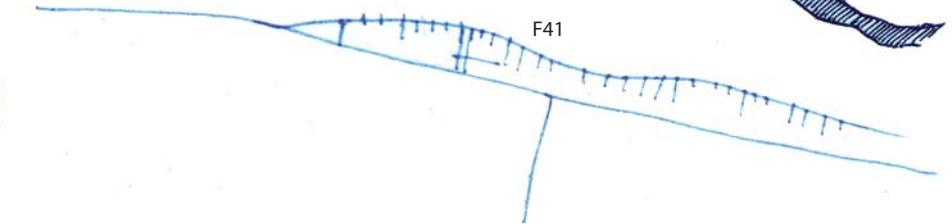
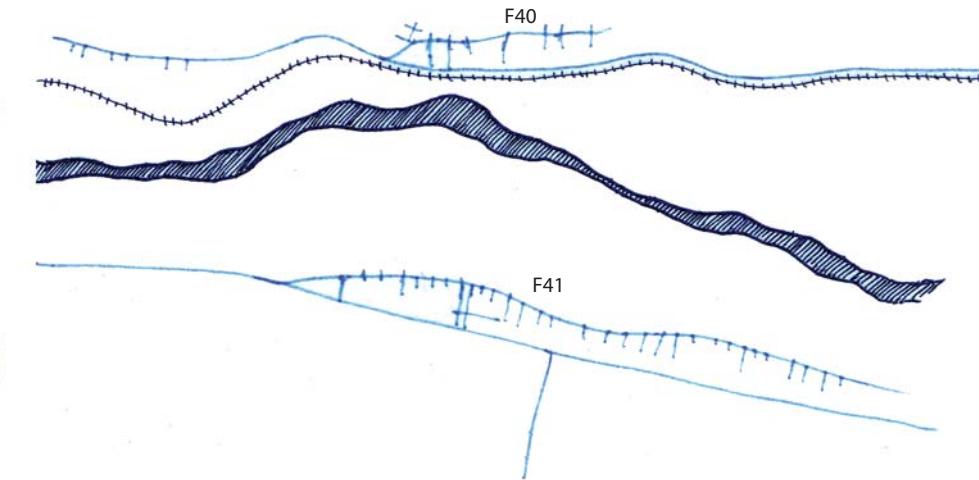
**Relación con el río:** La población se asienta en un eje paralelo al curso del río Aconcagua, alcanzando así un dominio visual de su territorio y la cuenca fluvial.

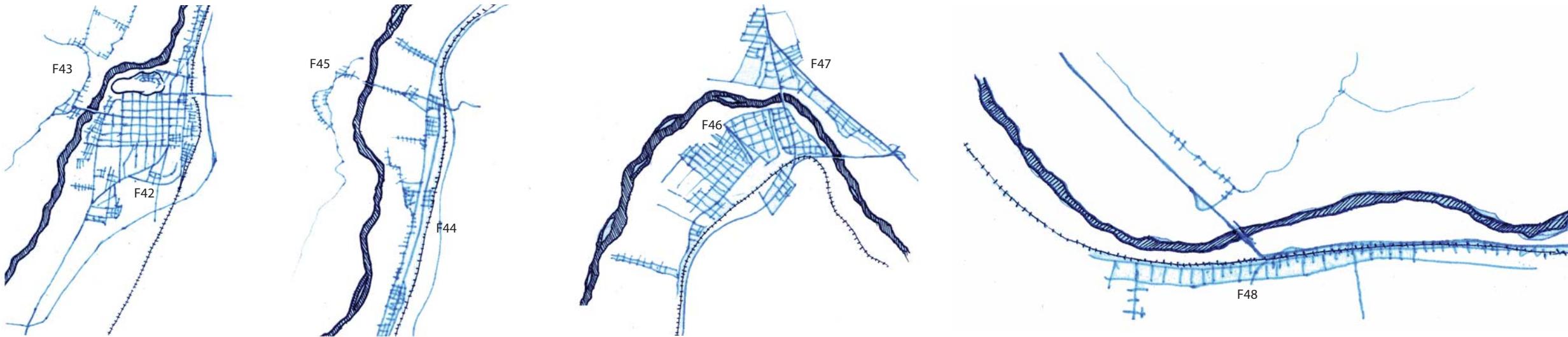
#### Tabolango <sup>F41</sup>

**Población:** 875 habitantes

**Economía:** Agricultura, Extracción de áridos

**Relación con el río:** El asentamiento se produce aledaño a la ruta 60CH y conformando una vía paralela a ésta y al río.





#### Quillota <sup>F42</sup>

**Población:** 66.025

**Economía:** Agricultura, Fruticultura, Comercio, Servicios, Generación energética (plantas termoeléctricas)

**Relación con el río:** La cuadrícula original de la ciudad se produce a los pies del cerro Mayaca al oriente del curso fluvial, manteniendo una distancia con él, para proseguir con un desarrollo en su eje norte-sur. Sin embargo, la población se ha asentado de forma irregular configurando ejes paralelos al río en continuo riesgo de inundación.

#### Boco <sup>F43</sup>

**Población:** 4.267

**Economía:** Agricultura, Fruticultura, Horticultura

**Relación con el río:** La población se asienta dispersa en sus sitios de producción agrícola, configurando un mínimo trazado urbano en el extremo poniente del puente Boco, que comunica la localidad con Quillota.

#### La Cruz <sup>F44</sup>

**Población:** 10.611 habitantes

**Economía:** Agricultura, floricultura

**Relación con el río:** Los asentamientos se producen paralelo al río, en la avenida 21 de Mayo que comunica Quillota con La Calera. La plaza se ubica en la intersección de dicha avenida con otro camino que llega al río y se comunica con la localidad de Lo Rojas. Otro eje relevante es la población "Bolonia" que se ubica al norte, urbanización que construye la transversal al río y al camino principal.

#### Lo Rojas <sup>F45</sup>

**Población:** 399 habitantes

**Economía:** Horticultura, Fruticultura

**Relación con el río:** La población se asienta dispersa en sus sitios de producción agrícola, teniendo un núcleo que se retira del río y se acopla al acceso al puente que comunica con La Cruz.

#### Calera <sup>F46</sup>

**Población:** 38.375 habitantes

**Economía:** Explotación de caliza, Industria, Comercio, Servicios

**Relación con el río:** La cuadrícula original de la ciudad no sigue los ejes norte-sur como el común de las fundaciones españolas (no lo es). Sino que construye los ejes paralelos y perpendiculares del codo que hace aquí el río Aconcagua, extendiendo su crecimiento hacia el poniente.

#### Artificio <sup>F47</sup>

**Población:** 9.461 habitantes

**Economía:** Comercio, Servicios

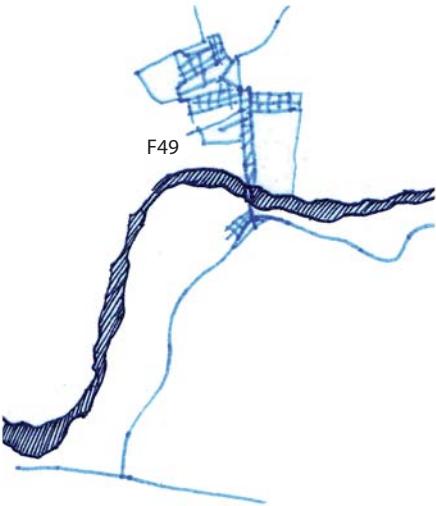
**Relación con el río:** Se construye como extensión del área residencial, principalmente, de Calera. Sus ejes principales de trazado son el río y la ruta 5 norte.

#### Ocoa <sup>F48</sup>

**Población:** 4.010

**Economía:** Floricultura, Agricultura, Turismo (Parque Nacional "La Campana")

**Relación con el río:** Construye el asentamiento paralelo y al sur del río Aconcagua, con una extensión al sur hacia el cerro "La Campana". No existe una relación directa con el río al encontrarse separados de él por la ruta 5 norte.

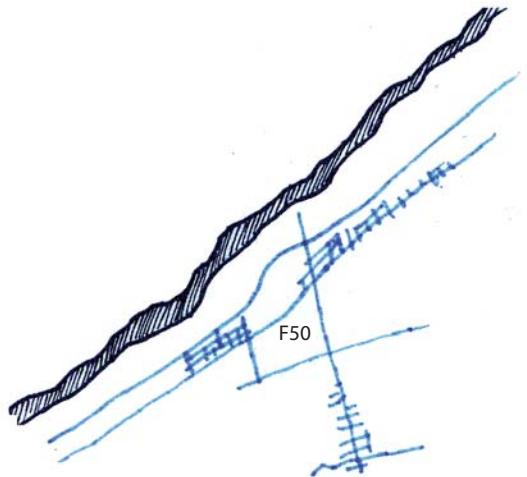


#### Catemu F49

**Población:** 6.057

**Economía:** Explotación de cobre fino, Industria minera (Chagres), Agricultura

**Relación con el río:** Tiene construido y habitado el eje que vincula el núcleo urbano con el río Aconcagua; dicho eje es la configuración de cercanía que existe entre la ciudad (al norte del río) y la fundición de cobre de Chagres (al sur del río) que cuenta también con un trazado de carácter residencial.

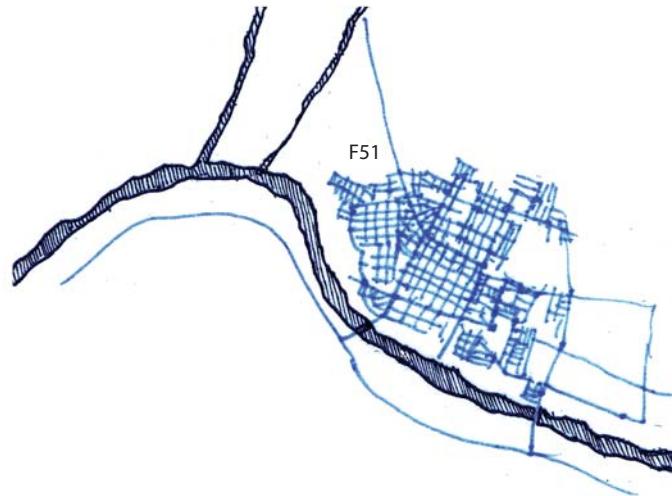


#### Panquehue F50

**Población:** 6.567 habitantes

**Economía:** Fruticultura y Vinicultura

**Relación con el río:** Construye su trazado desde dos ejes: uno paralelo y otro transversal al río Aconcagua, al sur de éste y de la ruta 60 CH. El uso de suelo hacia el interior se dispersa en las propiedades agrícolas

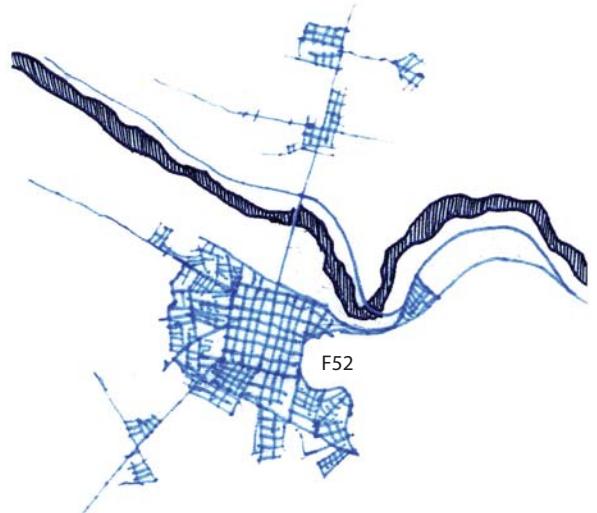


#### San Felipe de Aconcagua F51

**Población:** 71.559 habitantes

**Economía:** Agricultura, Servicios, Fruticultura

**Relación con el río:** Aún al ser una fundación Española, el trazado urbano de San Felipe no se realiza con los ejes norte-sur y este-oeste sino con los ejes paralelos y perpendiculares al río Aconcagua. La ciudad se emplaza en el encuentro de éste con el río Putaendo y el estero Quilpué, siendo contenida por estos ejes fluviales permitiendo su crecimiento hacia el oriente.

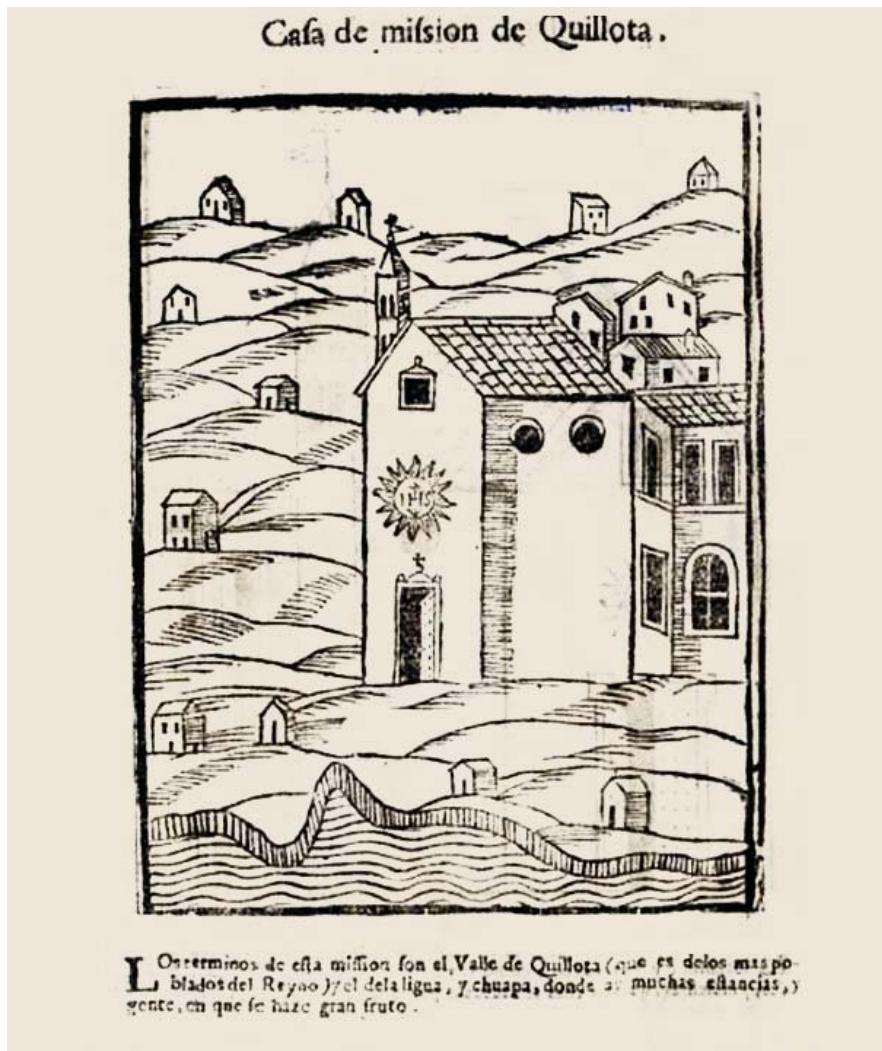


#### Los Andes F52

**Población:** 74.104 habitantes

**Economía:** Explotación de cobre fino, Agricultura, Industria

**Relación con el río:** Configura el trazado de su cuadrícula original alejada del río Aconcagua, al encuentro de dos vías estructurantes: una paralela al río y otra perpendicular que llega al centro mismo de la ciudad, la avenida hermanos Clark, que en su otro extremo ordena el crecimiento de la ciudad al norte del curso fluvial.



F53 Ilustración del padre Alonso de Ovalle de una casa misión en Quillota

## ASENTAMIENTO COLONIAL EN QUILLOTA

Desde la llegada de la conquista española, queda mejor referenciado por los historiados y escribe todo este proceso de expansión colonial, tales como Benjamín Vicuña Mackenna, Carlos Keller, Jerónimo de Vivar, M.Elena Iduarte, Pedro Lovera, entre otros, escriben y analizan bastante dicho periodo. De los cuales nos hacemos voz para sintetizar ahora. Luego de la rebelión que estalló en Quillota, peligró la conquista española, la que sólo se salvó gracias a la valentía indomable de las huestes de Pedro de Valdivia. Terminado dicho levantamiento, el desarrollo del sector de Quillota, ya no sufrió contratiempos. Las chacras de la calle larga no fueron tocadas por los españoles, quienes dejaron al mitimae peruano y las reducciones araucanas en posesión tranquila e interrumpida de sus tierras. Cuando los franciscanos solicitaron, en 1604, 10 cuadras en el extremo austral de ese sector, se les concedió, por ser este valle el más poblado por naturales que hay en todo el distrito y por no tener más que un cura para doctrinarlos. En 1628 se instalaron los jesuitas en el extremo norte del mismo sector, con su iglesia de San José.

Los indios del sector estuvieron sometidos por supuesto , en ecomienda. Primer encomendero fue el propio Pedro de Valdivia quien los hacía trabajar en los lavaderos de Marga-Marga.

Luego de establecerse el corregimiento de Quillota en 1590, dependiente de Santiago, la autoridad debió hacer enormes esfuerzos para coordinar la administración civil y eclesiástica en la zona, debido a la dispersión de la población en el corregimiento, lo que hacía difícil un control efectivo de la administración de impuestos, aplicación de las leyes y la enseñanza para la salvación de las almas. La llegada de los Borbones a la corona española a comienzos de siglo XVIII, trajo consigo ideas nuevas para mejorar la administración, tanto de la Península como de las colonias. Una de las tantas medidas aplicadas para mejorar la administración colonial fue la política de fundar ciudades. Es en este contexto que se determina la fundación de la Villa de San Martín de la Concha, en el Corregimiento de Quillota, en 1717: siendo el primer centro poblacional que se establece en Chile bajo los nuevos criterios fundacionales. La Junta de poblaciones compró a Alonso Pizarro la chacra donde seemplazarían las cuadras para la nueva población

El lugar donde actualmente se emplaza la ciudad cumplía con los elementos exigidos por la autoridad para tal efecto. Los elementos considerados eran los siguientes:

- Cercanía de un río
- Antiguo lugar de habitación.
- Planicie con posibilidades de producir y abastecer lo necesario para la población.
- Un número suficiente de almas que justificara la necesidad de fundar.

La primera medida fue trazar las cuadras dentro de las cuales se consideraban la plaza de armas, en su entorno las cuadras de la administración civil y la administración eclesiástica. Subieron a un cerro nombrado Mayaca, desde cuya eminencia se reconoció ser el mejor paraje para poblar; pareció muy al propósito por su llanura, cercano a la calle larga el convento de San Francisco, desde donde se empezaron a formar las calles. Y a las dos cuadras de dicho convento se señaló la plaza mayor, dándole una cuadra de ciento y treinta y siete varas en cuadro, rebajando trece de las dos calles de ella, ocupando los ángulos con la iglesia parroquial de la parte del poniente, y las casa del cabildo y cárcel de la parte del norte, y de la parte del oriente el convento de la Compañía de Jesús; cuyos tres ángulos quedarán llenos en la forma referida; y el ángulo de la parte del sur se le dio al Alguacil mayor don Alonso Pizarro.

La villa de Quillota era, por tanto, a principios del siglo XIX solo un vasto lugar, independiente de la Calle Larga.

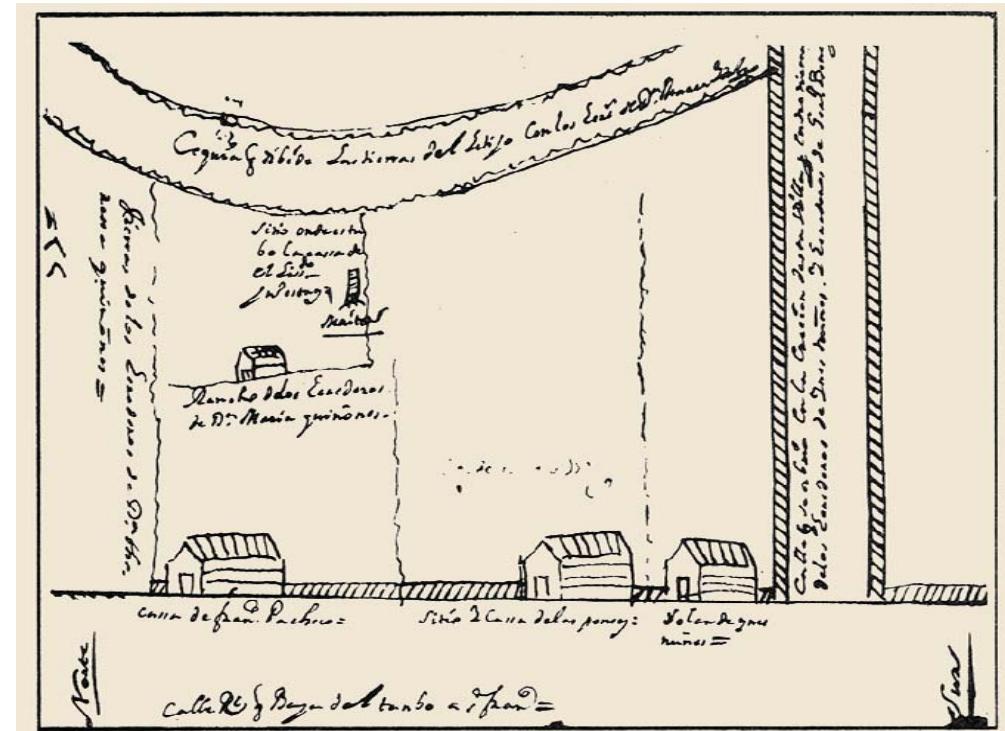
### Reseña histórica

Benjamín Vicuña Mackenna, De Valparaíso a Santiago, pag-230, 1877

“Los verdaderos quillotanos, es decir, los rancios i buenos cristianos que nacieron ántes de la chirimoya i del riel, que comían su locro de chuchoca a la sombra de sus olorosos manzanos cargados de camuezas, i dormían su siesta al ruido de la devanera que hilaba la famosa jarcia de su valle, sosténian que la pintoresca ciudad del Pelícano era más antigua que Santiago, así como la Calle Larga era más antigua que Quillota.

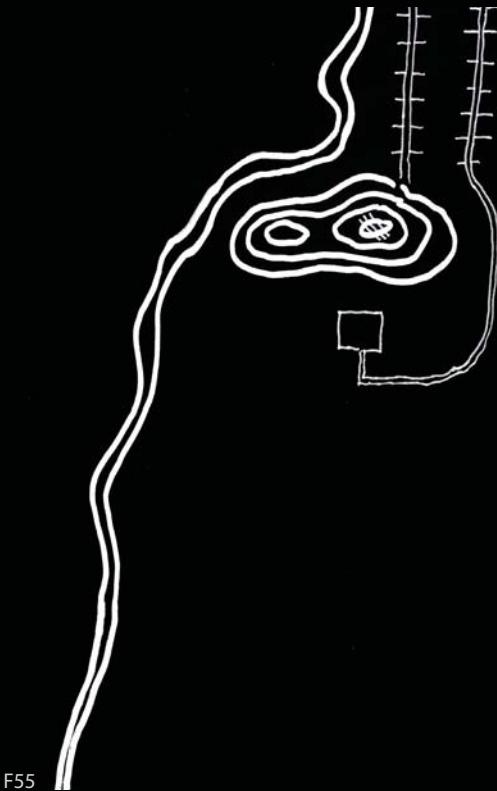
De lo uno i lo otro no cabe hoy duda sería para el historiador de verdad; porque así consta que Pedro de Valdivia, viniendo del norte con su hueste, pasó por último el sendero en dirección a Malga-Malga, consta también que cuando estableció en el primer año del descubrimiento (1541) las faenas de oro de que ya hemos dado noticia, levantó en Quillota, i probablemente en el centro de la Calle Larga, una ciudadela de adobon i palizada. Esta fortaleza, que tenía por objeto dominar aquel lugar fértil i densamente poblado, para abastecer de menestras i de brazos los lavaderos del ‘Río de las minas’, llamóse ‘la casa fuerte de Quillota’ y por otros la ‘casa de Chilli’ por llamarse así en idioma indio aquella hermosa comarca.

Queda, pues, establecido en honor de Quillota, que es la mas antigua ciudad española de Chile, i que en un tris estuvo que no hubiera sido la capital del reino, porque es casi seguro que si Valdivia no hubiese apartado para sí propio aquel dominio, se lo habría dejado al rei, su amo.”



F54 Plano esquemático de Quillota del siglo XVII

## EVOLUCIÓN URBANA DE QUILOTA



F55



F56



F57

**1570** Consta que cuando estableció en el primer año del descubrimiento (1541 Pedro de Valdivia) las faenas de oro, levantó en Quillota, i probablemente en el centro de la Calle Larga, una ciudad de adobon i palizada. Esta fortaleza, que tenía por objeto dominar aquél lugar fértil i densamente poblado, para abastecer de menestras u de brazos los lavaderos del Río de las minas, llamóse "la casa fuerte de Chilli", por llamarse así en idioma indio esa hermosa comarca

Benjamín Vicuña Mackena, De Valparaíso a Santiago, pag-230, 1877

**1628** Hasta 1609 hubo sólo en la medianía de la Calle Larga una mala capilla, desde cuyo púlpito algún humilde cura doctrinaba quinientos o mil indios de encomienda. Esa capilla no debía estar apartada de la antigua "Casa fuerte de Chile" núcleo de la primera ranchería, i de esta circunstancia procede que algunos sostengan que la planta primitiva de Quillota estuvo en aquél lugar.

Benjamín Vicuña Mackena, De Valparaíso a Santiago, pag-232, 1877

**1717** La nueva ciudad, desembocando por la Calle Larga i siguiendo el rumbo del valle i del camino hacia Valparaíso, tenía siete cuadras de largo i cinco de ancho entre aquel camino i las vegas del río, e lo que resultaban 35 manzanas, i ciertamente que eran pocas para la jugosa patria que de las camuezas quillotanas i sus apéndices. Quillota no es sólo la más fértil sino la más prolífica ciudad de Chile

Benjamín Vicuña Mackena, De Valparaíso a Santiago, pag-236, 1877



**1909** Conectadas las calle Manuel Rodríguez con Calle La Merced, existió la posibilidad, a fines del siglo XIX, de extender calle Manual Blanco, que habría quedado paralela a calle La Merced; sin embargo, años después, se plantea la alternativa de abrir una calle a partir de la “calle nueva de la estación” que sólo alcanzaba hasta el edificio de la Estación.

M. Elena Iduarte C., Evolución del espacio urbano de Quillota

**1961** Un lugar para la industria en la zona occidental de la ciudad, allí ubicó la industria Rayón Said y Bozzolo Hnos. que se ubicaba dentro de el área urbana, en el antiguo camino de acceso norte a la ciudad. El crecimiento natural de la población hizo necesaria la construcción de nuevas poblaciones, como Aspíllaga y San Martín. La CORVI y la pobl. de la caja de empleados particulares. En el año 1957, se construye el primer punete de Hormigón hacia el Boco.

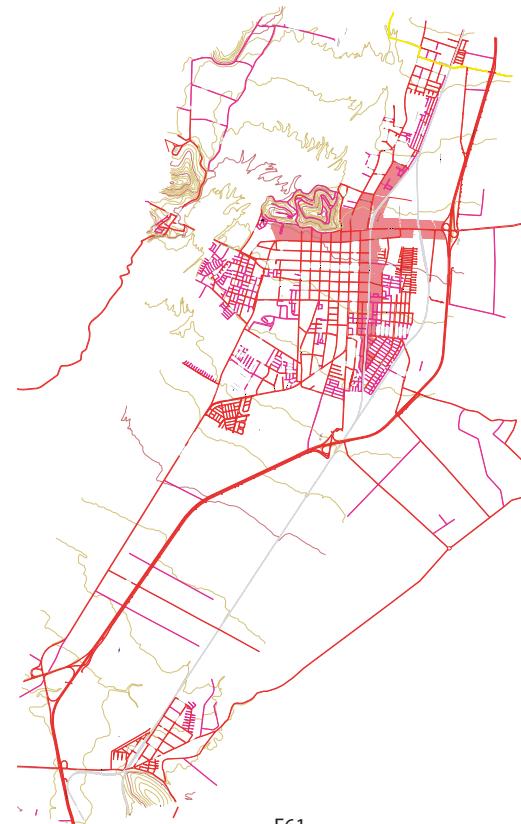
M. Elena Iduarte C., Evol. del espacio urbano de Quillota

**2011** La vía férrea era un elemento que impedía el crecimiento natural del emplazamiento urbano, por lo cual se propuso el cambio de esta vía al oriente de la ciudad; con ello se eliminaría el “cuello de botella” formado por la vía férrea y el Cerro Mayaca” y al eliminar este “cuello de Botella”, se incorporaría el sector que se encontraba al oriente de la vía férrea, haciendo más expedito el tránsito por la ciudad.

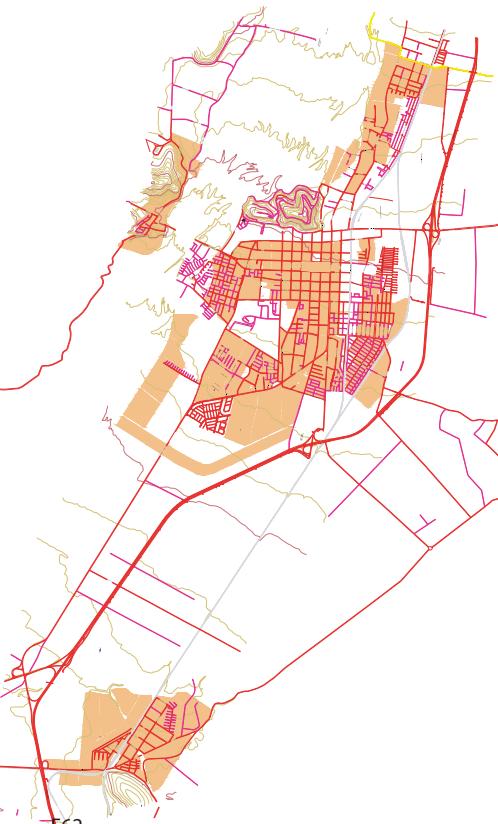
M. Elena Iduarte C., Evolución del espacio urbano de Quillota

## PLAN REGULADOR COMUNAL

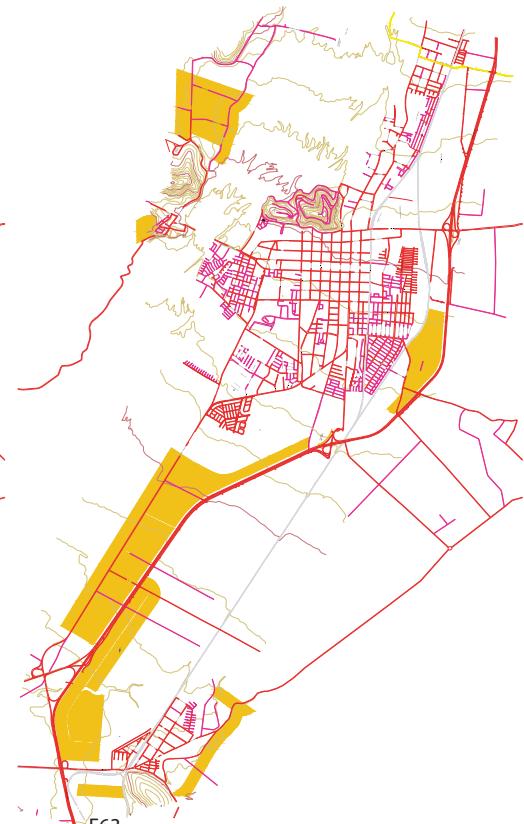
El plan regulador de la comuna de Quillota<sup>73</sup>, desarrollado por la Ilustre Municipalidad de Quillota el año 2001, contiene la actual configuración de la ciudad, en conjunto con las distintas destinaciones de uso de suelo, que subdividen la superficie del área urbana en 8 zonas según sus capacidades, y sus actuales y posibles usos.



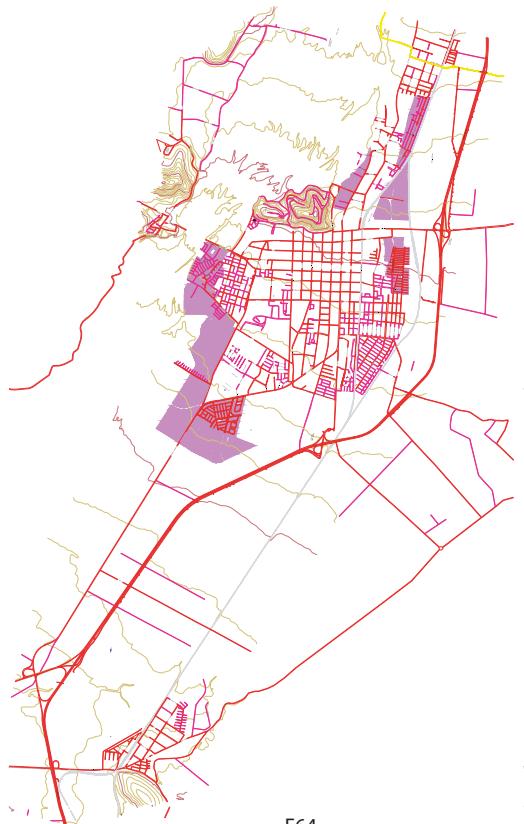
F61 Zona céntrica- **Zona 1**



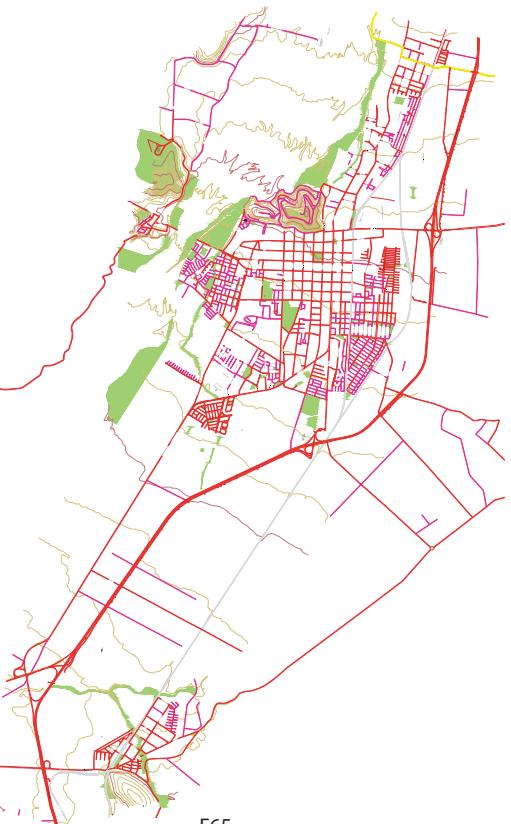
F62 Zona residencial de densidad media- **Zona 2**



F63 Zona residencial de baja densidad- **Zona 3**

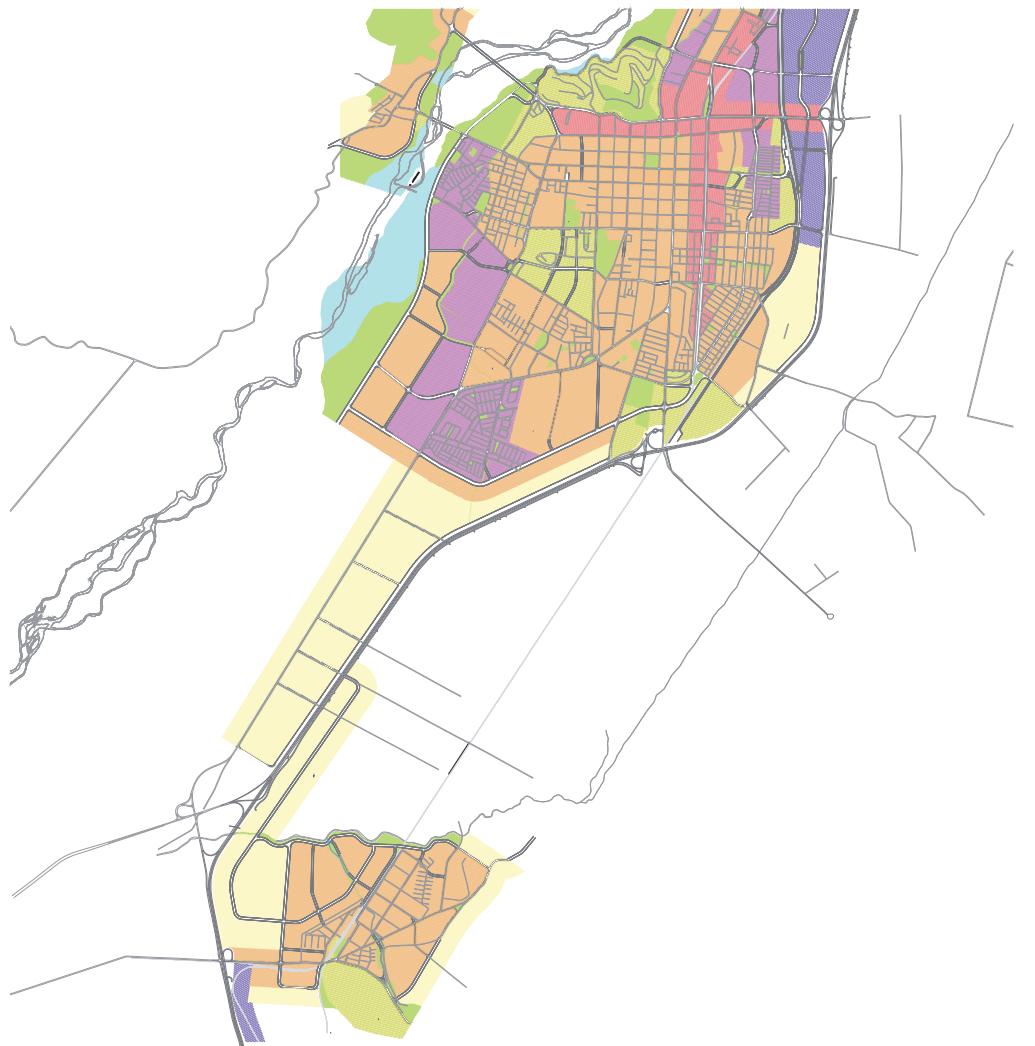


F64 Zona mixta- **Zona 4**



F65 Zona de áreas verdes, deportivas y recreacionales- **Zona 5**





F71 Zonificación general del plan regulador comunal de Quillota

### Destinación de uso de suelos

En la destinación de usos de suelo, se puede apreciar la estimación del crecimiento urbano que se tiene para la comuna de Quillota, en donde se aprecia una clara expansión urbana de tipo residencial hacia el sur de la ciudad, ordenada entre la Avenida Valparaíso o camino troncal y la ruta 60CH, los cuales en una primera instancia, contendrían a la ciudad en crecimiento. Dicha expansión urbana alcanzaría una vinculación concreta entre la ciudad de Quillota propiamente tal, y la localidad de San Pedro, ubicada al sur. De esta forma, se amplía la conurbación del curso medio del Aconcagua desde Calera por el norte, hasta San Pedro por el sur.

Otra observación pertinente sobre la destinación de usos de suelo, es la definición de “Zona Restringida” que se tiene de la orilla oriente, y parte de la poniente, del río Aconcagua. Esta clase de zonificación se deriva del poco trato que se le ha dado al río y a la configuración de su caja hidráulica; lo que vuelve las zonas anteriormente descritas, en sectores con inminente riesgo de inundación ante las eventuales crecidas del río, desaprovechando una superficie considerable y muy bien emplazada en la trama urbana.

### Vialidad estructurante proyectada

Junto con estimar la magnitud y disposiciones del crecimiento urbano, el plan regulador cuenta con las propuestas viales que permitirían sostener dicho crecimiento, garantizando la fluidez en el transporte urbano e interurbano. Entre las propuestas de esta nueva estructuración vial.

- Configuración de un camino de contorno que circunda la ciudad en un nuevo anillo que completa las circulaciones del sur, y que comunica desde el extremo sur de la nueva avenida Condell hasta el puente Boco.
- Camino que bordea la orilla oriental del río Aconcagua al norte del cerro Mayaca y que contiene las zonas residenciales que se extienden actualmente desde la calle Merced.
- Estructuración de calles en sectores destinados a uso residencial a la orilla oriente del río Aconcagua.
- Estructuración de calles en terrenos que ocupaba el regimiento de ingenieros de Quillota.
- Nuevo puente sobre el río Aconcagua, al norte del actual puente Boco
- Estructuración de las zonas residenciales al norte de San Pedro hasta el estero San Isidro.

## HISTÓRICA RELACIÓN ENTRE LA CIUDAD Y EL RÍO

Los asentamientos humanos que, a lo largo de la historia, han ocupado el valle de Quillota, han debido su emplazamiento al río y los beneficios que de él se derivan. En base al tipo de relación que con el curso fluvial se tiene, podemos agrupar estas relaciones en tres etapas: el río como sustento económico, el río como valor urbano y el río como residuo urbano.

### El río como sustento económico

En una primera instancia, las poblaciones indígenas (en el periodo agro-alfarero tardío: complejo cultural Aconcagua) lograron consolidar su asentamiento en base a las canalizaciones que se le realizaron al río; dando pie a una primera explotación agrícola de los suelos del valle de Chile. La fertilidad y prosperidad de este valle capturaron el interés de la civilización Inca, quienes establecieron sus mitimaes al norte del cerro Mayaca, incorporando parte de su tecnología a los procesos de producción agrícola, a la vez que explotaron los yacimientos de oro producto de la sedimentación y erosión fluvial del Aconcagua y el Marga Marga.

Una vez iniciados los procesos de conquista y colonia, el sector de Quillota se convirtió en un enclave logístico en cuanto a su relación con Concón y los primeros astilleros que en él se ubicaron; en 1541 Pedro de Valdivia elige a esta bahía, por la protección en sus aguas y su abundancia de madera, como la más indicada para construir y reparar las embarcaciones que partirían al Callao con el oro del Marga Marga. En este contexto, las orillas del río Aconcagua se convirtieron en la zona de cultivo y producción de las jarcias (conjunto de cuerdas utilizadas para maniobrar el velamen de las embarcaciones) a partir de las plantaciones de cáñamo; convirtiéndose ésta en la principal actividad económica no destinada a la auto sustentación de la ciudad.

### El río como valor urbano

Desde finales del siglo XVIII y siglo XIX, la ciudad de Quillota, por lo central de su ubicación y lo calmo de sus aguas, fue considerada un balneario rivereño, en donde las orillas del Aconcagua recibían tanto al habitante común de la ciudad, como al visitante de localidades aledañas. En aquellos tiempos, la calidad de los caminos y sistemas de transporte dejaban a los balnearios de Quintero y Viña del Mar en una distancia que difícilmente era franqueable por fines recreacionales. Es en ese contexto que Quillota, mediante el río Aconcagua, se perfiló como una ciudad turística, tanto en las primaveras y veranos con la puesta en valor de la orilla, como en el otoño, cuando las celebraciones de semana santa atraían a un gran número de turistas tanto nacionales como internacionales a la conocida procesión del pelícano.



F72 Ilustración del río Aconcagua de Claudio Gay



F73 Zonificación general del plan regulador comunal de Quillota



F74 Antiguo puente Boco

## **El río como residuo urbano**

La primera instancia en que el río comienza a perder su valor urbano, es ante las muy válidas exigencias de conectividad entre la ciudad de Quillota y Boco; es aquí que el río se vuelve conceptualmente un elemento de discontinuidad, un obstáculo a franquear:

“La conexión entre las riberas oriental y occidental del Río Aconcagua, es decir, la ciudad y el del sector de Boco y Rautén, fue preocupación permanente de las autoridades locales, como se lee en una nota de 1862 de la Municipalidad a la Gobernación, agradeciendo los aportes del Gobierno para la construcción del primer puente sobre el Río Aconcagua. Sin embargo, posteriormente, en 1869, se entregó a la Municipalidad la administración de una lancha para asegurar el traslado de las personas entre la ciudad y Boco.

Pero la existencia de un puente se hizo cada vez más necesaria, debido al aumento que va a experimentar la producción agrícola del sector de Boco y el aumento del traslado de la población de un lado a otro del río. En notas periodísticas de 1874, se habla de una población cercana a los 4000 habitantes para este sector. Sólo en las primeras décadas del siglo XX se construyó el primer puente de madera y no será hasta 1957 cuando se construye el puente de hormigón armado.”

Desde su cuadrícula original, a los pies del Cerro Mayaca, la ciudad ha crecido adyacente al río pero sin él, convirtiendo su economía a la producción agrícola, industrial, comercio y servicios. En el periodo en que el río cobró valor como espacio público, no se alcanzó a consolidar la infraestructura que sostuviese dicha vida pública, y la consolidación de los balnearios marítimos en el litoral central terminaron por dejar al río sin aquél uso recreacional que le era tan propio.

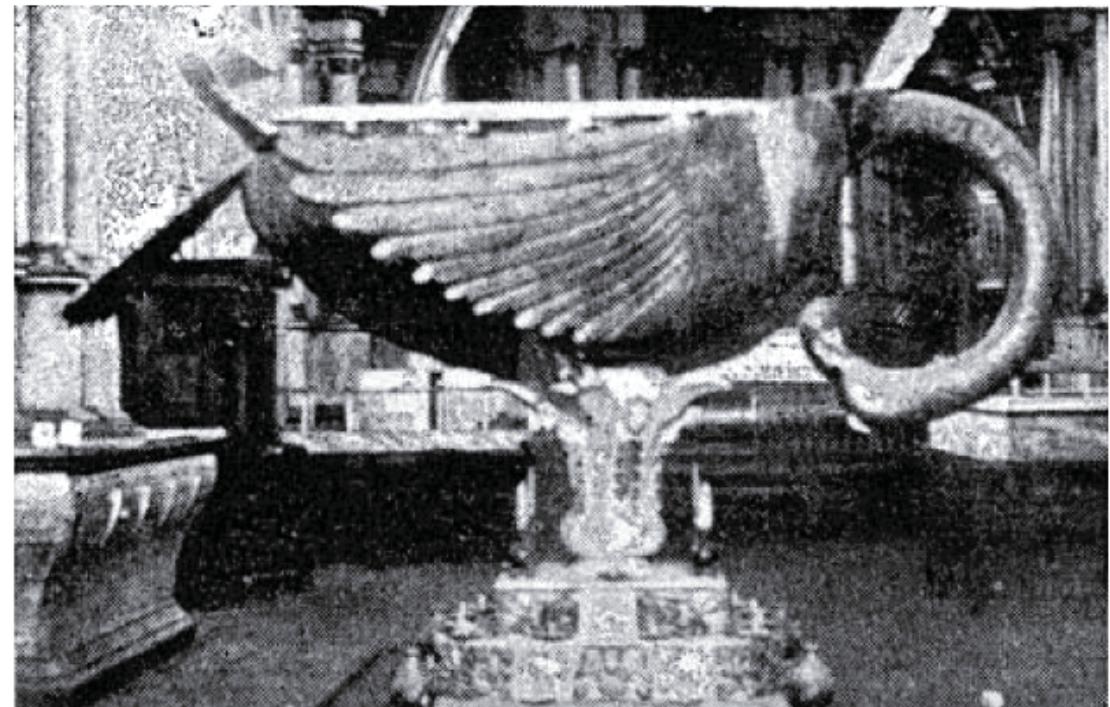
En la primera mitad del siglo XX, el crecimiento no regularizado de la ciudad ocupó los terrenos aledaños al río Aconcagua, al poniente de la Avenida Valparaíso (eje vial que comunicaba Quillota con dicha ciudad y que a la vez se convirtió en la orilla urbana occidental), terrenos conocidos como “El bajío”, por su condición de suelo hundido con respecto al nivel de la traza urbana; estos asentamientos han sido víctimas de las crecidas del río en diferentes oportunidades. Es esta condición marginal de los asentamientos en torno al río, que le ha interrumpido a Quillota el vínculo con su orilla, a la vez que se configura como un margen residual, distante y de carácter peligroso.

## LA PROCESIÓN DEL PELÍCANO

Era una festividad religiosa, que se realizaba en las calles de Quillota el viernes de cada Semana Santa, entre 1776-1906. Se tomó el pelícano como ícono de esta festividad, por la creencia popular de que dicha ave se abría el pecho para alimentar con sangre a sus crías, aludiendo al sacrificio de Jesucristo por la humanidad. La imagen se sumó a la procesión del santo sepulcro en donde la figura de Cristo era depositada en un pobre nicho de madera, el cual fue reemplazado por la escultura del pájaro. La obra fue patrocinada por Doña Nota Alvarez de Araya, heredera de los fundadores de la ciudad, en 1775.

La procesión se desarrollaba a media noche, recorriendo las 7 cuadras desde la antigua iglesia de la Matriz hasta la de San Francisco. Acompañaban al pelícano las imágenes del profeta Elías, la cruz del calvario con la sábana santa del sepulcro, la Verónica, el Longino y las tres María, llevando los clavos y la corona de espina. La celebración de la procesión del pelícano era un acto que congregaban no sólo a la ciudad, sino que atraía a familiares, amigos y turistas de todo Chile y el mundo, conformando el peregrinar en un modo en que la ciudad se exterioriza y el exterior se interioriza en Quillota, teniendo como símbolo el pelícano.

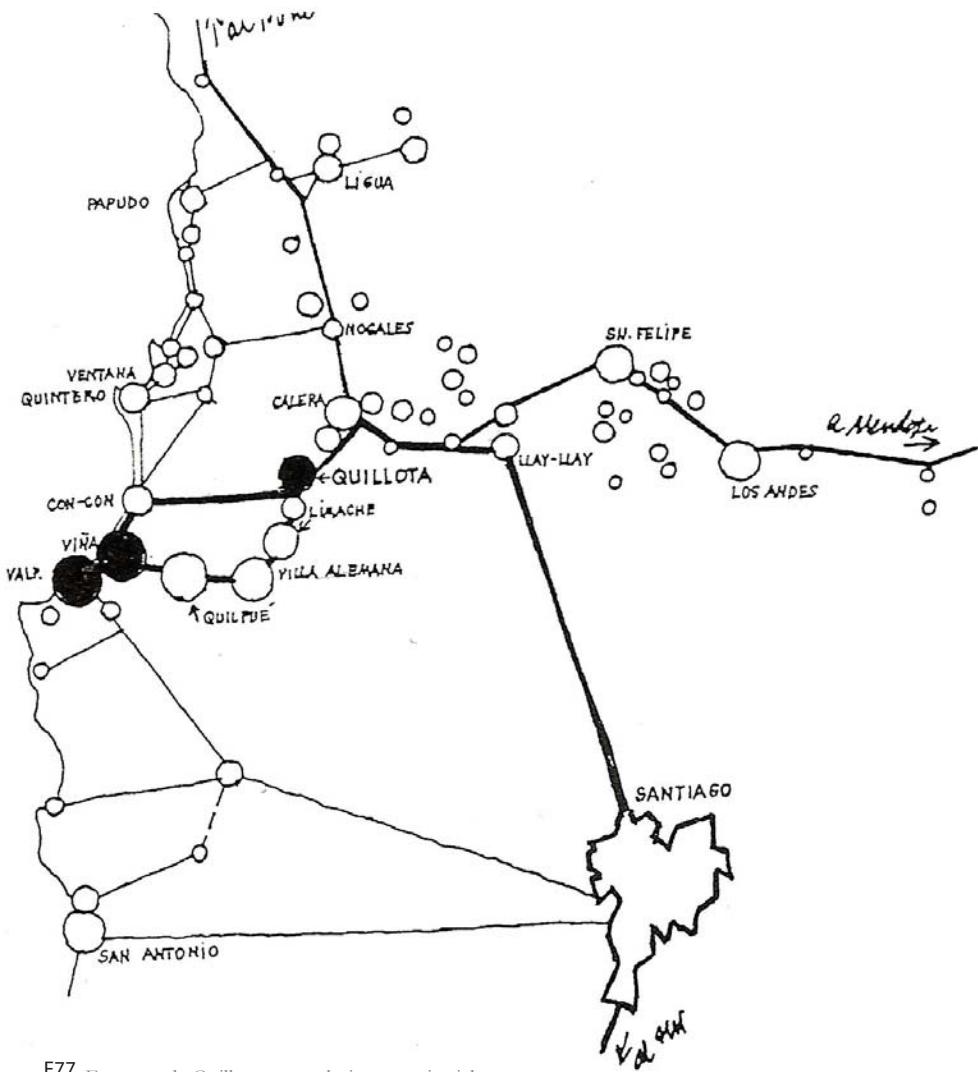
“El anda del Pelícano es lo que hai de más conmovedor i significativo en la procesión del Viernes Santo. Una hermosa ave blanca, tan grande, que en la caja del cuerpo holgadamente cabe un hombre acostado, i apoyando cabeza en la parte en que el cuello nace. este, arqueando i entrante hacia la pechuga, como picándose el corazón. Enfrente de la cabeza i en la pechuga, un círculo rojo, que no parecía si no que la sangre corre por las blancas plumas del ave misteriosa. Las alas abiertas, sembradas de espejitos i perfectamente iluminadas, abriéndose i cerrándose a cada bandoleo del anda, i sobre ellas i en la parte de adelante, dos hermosos niños vestidos de ángel en actitud de llorar sobre el cadáver del Hombre-Dios; i todo formando un conjunto tal, que hace erizarse los cabellos, no sé si de espanto o de amor.”



F75 Fotografía del pelícano usado en la procesión



F76 Dibujo esquemático de la procesión



F77 Esquema de Quillota y sus relaciones territoriales

## PROYECTO PARA QUILOTA U.C.V. 1981

En 1981, La I.M. de Quillota le encarga a un grupo de arquitectos de la PUCV, definir el uso y destino del Cerro Mayaca. Creando del cerro un elemento urbano con el río. Se propone un elemento que gire y vuelque la ciudad hasta lo ahora desconocido. El orden de ciudad y caminos se hace presente en la ciudad en una constante relación entre lo nuevo y lo antiguo.

### Quillota: ciudad de la medianía

Si Quillota fuese una ciudad implantada en el desierto o al borde del mar, probablemente su orden urbano, su forma de ciudad, se enfrentaría a un vacío o a un ámbito adverso a la vida, de donde ella, como ciudad, obtendría su fuente para encontrar una forma arquitectónica de subsistencia y trascendencia. Sin embargo Quillota y bien podría pensarse que ella está en la situación inversa. Quillota vive una medianía.

Entre el borde oceánico y el interior de Chile; medianía también en un valle transversal que se intercala entre el norte cálido y el centro templado. Calera es el cruce de las carreteras continentales de norte-sur y este-oeste, nuevamente Quillota queda en la medianía entre las rutas y el mar.

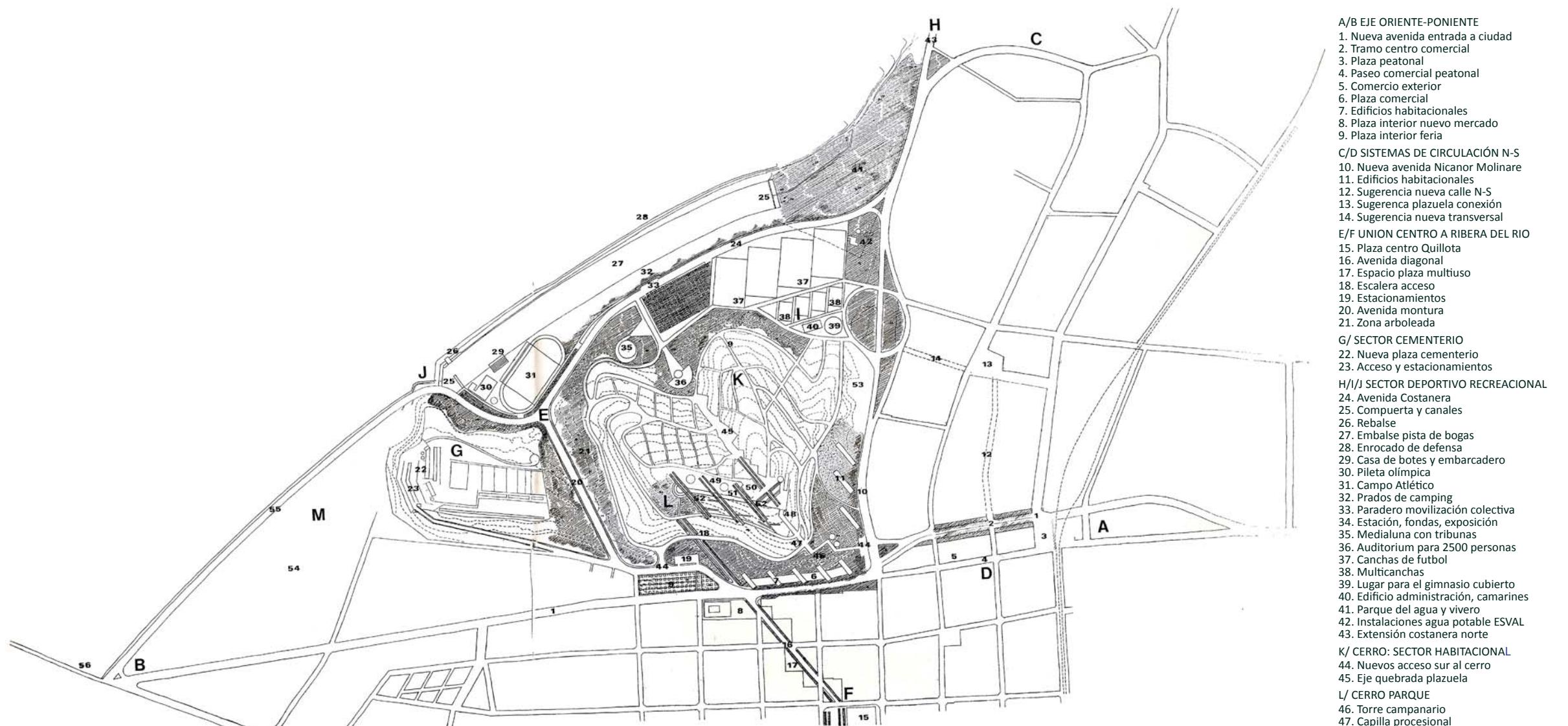
El cerro Mayaca es un hito aislado que emerge sobre el urbanismo de la ciudad y sobre el fondo del valle, identificando la existencia de Quillota desde la lejanía.

Tal como el cerro Santa Lucía para en Santiago, el cerro Mayaca quiebra el río y mantiene el lecho al costado de la ciudad. Los otros valles se dividen por el río, Quillota es adyacente a él. El ciclo del riego comienza en el río, sigue en el canal, continúa hacia una napa subterránea después del empapar adecuadamente la tierra y terminar nuevamente en el río..

### Los nuevos elementos urbanos

En Chile, la debilidad del urbanismo se debe a la incapacidad de crear elementos urbanos que den orientación y figura a la ciudad, especialmente en los casos en que tales “elementos urbanos” no se inscriben en la magnitud del ir. En virtud de la traza, en el orden antiguo dichos elementos se generan automáticamente con la obra de los vecinos; en el nuevo, se generarían a partir de una organización pública común, la cual sin embargo, no posee la fuerza que significa una real transformación.

La nueva relación con la naturaleza termina con el sistema de canales de irrigación del interior de las manzanas. Aparece la cañería de agua potable que lo sustituye y, con ello, desaparece la relación de “vecindad” con el río que establecía el orden antiguo.



F78 Propuesta arquitectónica en torno al Cerro Mayaca

## Fuentes de imágenes

- F1 - F2 Planimetrias de tesis de magister en Arquitectura y Diseño mención Náutico y Marítimo de Carla Figueroa
- F3 - F19 Dibujos del autor
- F20 - F21 Esquemas del autor basados en datos obtenidos en:  
<http://www.bioceanicoaconcagua.com/>
- F22 Planimetria facilitada por profesor de Escuela de Arquitectura y Diseño PUCV Marcelo Araya
- F23 - F30 Ilustraciones de Claudio Gay presentes en el libro 'Atlas de la historia física y política de Chile', disponible en:  
<http://www.memoriachilena.cl/>
- F31 - F34 Dibujos del autor
- F35 Dibujo de Guamán Poma de Ayala incluído en el artículo 'Los orígenes de Quillota' de Carlos Kellér R.
- F36 - F52 Dibujos del autor
- F53 Dibujo del padre Alonso de Ovalle presente en el libro 'Histórica relación del Reyno de Chile', disponible en:  
<http://www.memoriachilena.cl/>
- F54 Ilustración disponible en: <http://www.memoriachilena.cl/>
- F55 - F60 Dibujos del autor
- F61 - F71 Planimetrias facilitadas por la Ilustre Municipalidad de Quillota
- F72 Ilustración de Claudio Gay presentes en el libro 'Atlas de la historia física y política de Chile', disponible en:  
<http://www.memoriachilena.cl/>
- F73 - F74 Fotografías de archivo personal
- F75 Fotografía disponible en: <http://www.memoriachilena.cl/>
- F76 Dibujo del autor
- F77 - F78 Dibujos originales del proyecto, publicados en la revista CA, 1981

## Bibliografía

### Textos

- Amereida, Varios autores, Edit. Lambda, Santiago, 1966
- La Invención de América, O'Gorman Edmundo, Colección Tierra Firme, 1986.
- Sobre las ciudades ideales de Platón, Cervera Luis, Edit. Madrid, 1976
- Los orígenes de Quillota, Keller, Carlos, Edit. San Felipe, 1974
- Urbanisme, Le Corbusier, Editions Crès, París, 1924
- Hacia el corazón del desierto, Costa, Agustín, cuadernos monásticos 92, 1990
- The McDonalization of Society, Ritzer, George, Edit. Popular, 1993
- El ser y la nada, Sartre, Jean Paul, Edit. Losada, 1943
- Precisiones, Le Corbusier, Edit. Poseidon, 1979
- Los orígenes de Quillota, Keller Carlos, Edit. J. de Vivar, 1974
- Los herederos de Mariana Osorio, Venegas Fernando, 2009

- Acta fundacional de Quillota, Lorenzo Sciaffino, Arch. Histórico Biblioteca de Quillota
- Acta delimitación de Quillota, Lorenzo Sciaffino, Arch. Histórico Biblioteca de Quillota
- Ferrocarriles entre Santiago i Valparaíso, Meiggs Enrique, Imprenta del ferrocarril, 1863
- Historia Física y política de Chile, Gay Claudio, 1854
- Evolución del espacio urbano de la ciudad de Quillota, Iduarte M. Elena, 2009
- Procesión del pelícano por las calles de Quillota, Periódico Luz Sombra, mayo de 1900
- De Valparaíso a Santiago, Vicuña Mackenna Benjamín, Imprenta el Mercurio, 1877
- La casa fuerte de Quillota de Pedro de Valdivia, mito y realidad, Vera Jaime, Museo de Historia de Quillota
- Revista portus 1-20, RETE, 2001- 2010
- ProChile, Análisis de las exportaciones chilenas, 2010
- Políticas medioambientales para la región de Valparaíso, 2010
- Las zonas de actividades logísticas, Alemany Joan, 2006
- DGA Diagnóstico y clasificación de los cursos de agua del Aconcagua, 2004
- Manual de Vialidad, MINVU, 2010
- Conservation Biology, Morrison Scott, 2008
- Corredor Biológico Mesoamericano, García Randall, 2005
- Designing Large-Scale Conservation Corridors for Pattern and Process, Rouget Mathieu, 2007
- Effectiveness of a Reg. Corridor in Connecting two Florida Black bear populations, Dixon Jeremy, 2010
- Revista Colegio de Arquitectos, Quillota y el Aconcagua, 1981
- Precisiones, Le Corbusier, Editorial Poseidón, 1974
- La ciudad del futuro, Le Corbusier, Editorial Infinito, 2006
- Elogio a la sombra, Junishirō Tanazaki, Editorial Siruela, 1994
- Oh! verde todopoderoso, Ramos Beatriz, Revista Plot nº6, Argentina 2011
- Plan especial para Chile y Santiago, Tupper Patricio, Editorial ADC, 2004
- El cerro San Cristobal en el paisaje de la ciudad, Martner Carlos, Revista ARQ 34,
- Gestión del Paisaje, Busquets Jaime, 2009
- Tratado del Paisaje, Roger Alain, 1997
- Construcción social del paisaje, Nogué Joan, 2007

### Páginas Web

- [www.quillota.cl](http://www.quillota.cl)
- [www.biblioredes.cl](http://www.biblioredes.cl)
- [www.tierramerica.net](http://www.tierramerica.net)
- [www.cervantesvirtual.com](http://www.cervantesvirtual.com)
- [www.mundonaviero.cl](http://www.mundonaviero.cl)
- [www.sirve.cl](http://www.sirve.cl)
- [www.memoriachilena.cl](http://www.memoriachilena.cl)

### Conversaciones

- Jorge Ferrada, Profesor guía PUCV
- Boris Ivelic, Director Magíster NyM
- Indira Montt, Museo de Quillota
- María Elena Iduarte, Museo de Quillota
- Fernando Palma, Gerente Unifrutri





## C/ FUNDAMENTOS

### C.2/ FUNDAMENTO CREATIVO

En Quillota se tiene la relación de dominio entregada por la presencia de las cimas que envuelven su cuenca. Este tipo dominio, ha dejado al río como un elemento residual en la trama urbana al cual hay que abordar para recuperar su original relación con la ciudad. Aunando la dimensión de cumbre y río en el acto de soterrar la cima en traspaso.



## fundamento creativo/ DECURSO OBSERVACIONAL

### QUILLOTA COMO PAÍS

El valle de Quillota originalmente llamado “de Chili” fue el que le dio el nombre a Chile, ¿Cómo es que un paisaje puede nombrar un país? Eso es posible cuando la configuración propia del lugar, desde sus asentamientos, adquieren un dominio de la extensión. ‘Quillota canta sus límites’. Y desde las culturas pre-colombinas, este dominio significó arraigo, reconocimiento ceremonial de las cumbres y los primeros esbozos de urbanización con las canalizaciones picunches del río. Es de esta forma que el paisaje, al reconocerse es capaz de construir ciudad, polis, política y país.

### Quillota y las cimas

Para todo habitante o visitante de la ciudad, se hace evidente la relación que existe entre la ciudad y los cerros que la rodean; desde cualquier punto de la ciudad aparece al norte el cerro Mayaca, al sur oriente con los cerros Campana Grande y Campana Chica coronando el valle, al poniente el Mauco, Chilicauquen y la Quebrada del ají.

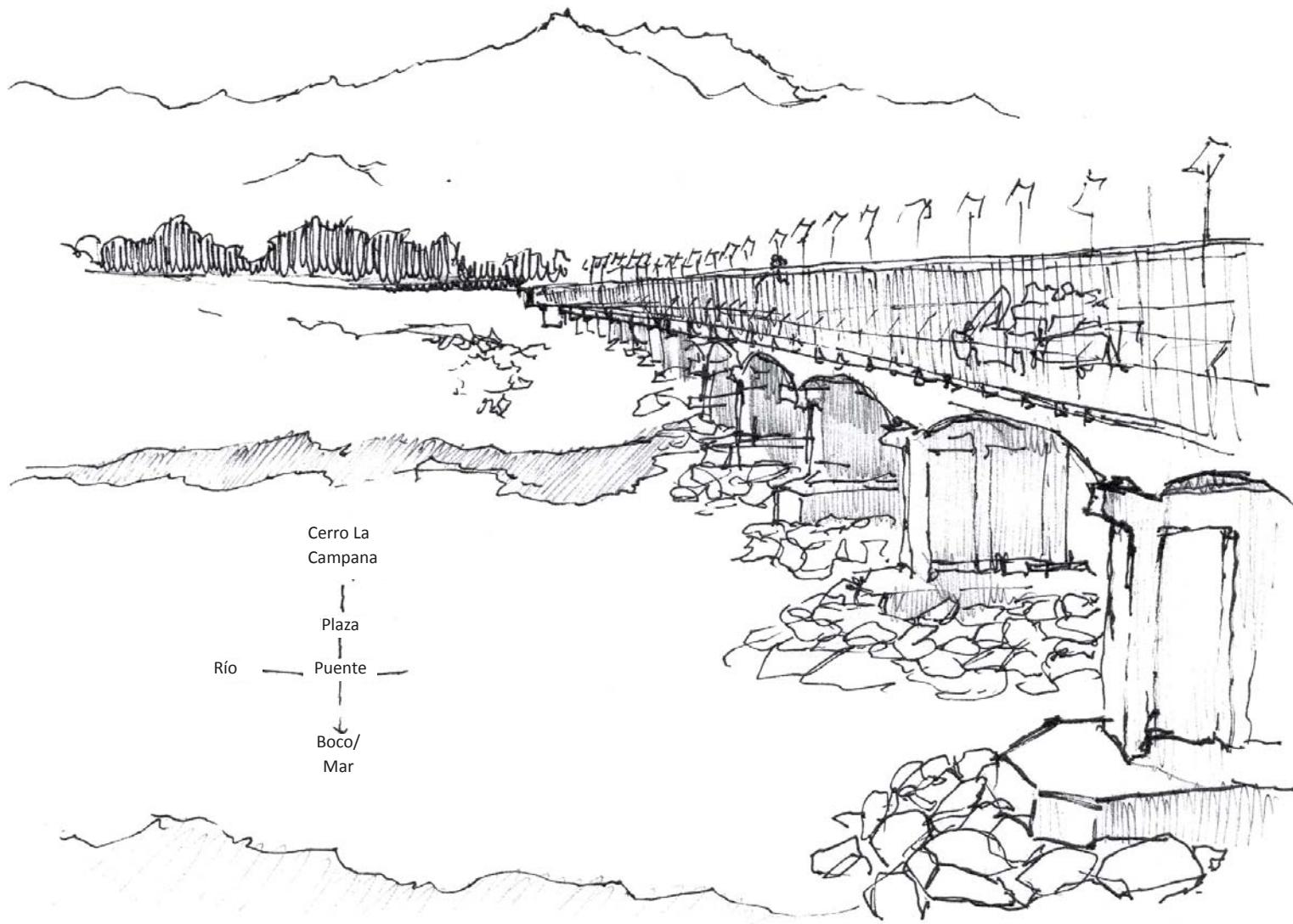
El reconocimiento que existe del “paisaje” como parte de la construcción del “país” es una forma en que Quillota se ha desarrollado inconscientemente con lo ‘monumental’, aceptando e integrando a la extensión natural como una contención visual, pero aun no haciéndose cargo de ella en la urbanización.

En la actualidad esta relación de las magnitudes externas con la ciudad se verifica en dos casos puntuales:

- La virgen del cerro Mayaca <sup>F1-F2</sup> mira directamente al cerro La Campana, desde el punto de vista más alto de la ciudad.
- El puente Boco <sup>F3</sup>, del mismo modo, que comunica a la localidad rural del mismo nombre con la ciudad de Quillota atravesando el río Aconcagua, se alinea para traer también a La Campana <sup>F4</sup> a la ciudad. El puente Boco dibuja a la vez el horizonte de la ciudad.

El cerro Mayaca, aún como hito de la configuración del ‘país’ Quillota no ha sido tomada en la evolución urbana de la ciudad, relegándolo hasta quedar sujeto a las apropiaciones ilegales o tomas de terreno y sus posteriores regulaciones. Aún éstas, sin embargo se han realizado en la cara norte del cerro, es decir, la que le da la espalda a la ciudad; dejando como fachada para Quillota un cerro desnudo y un cementerio.

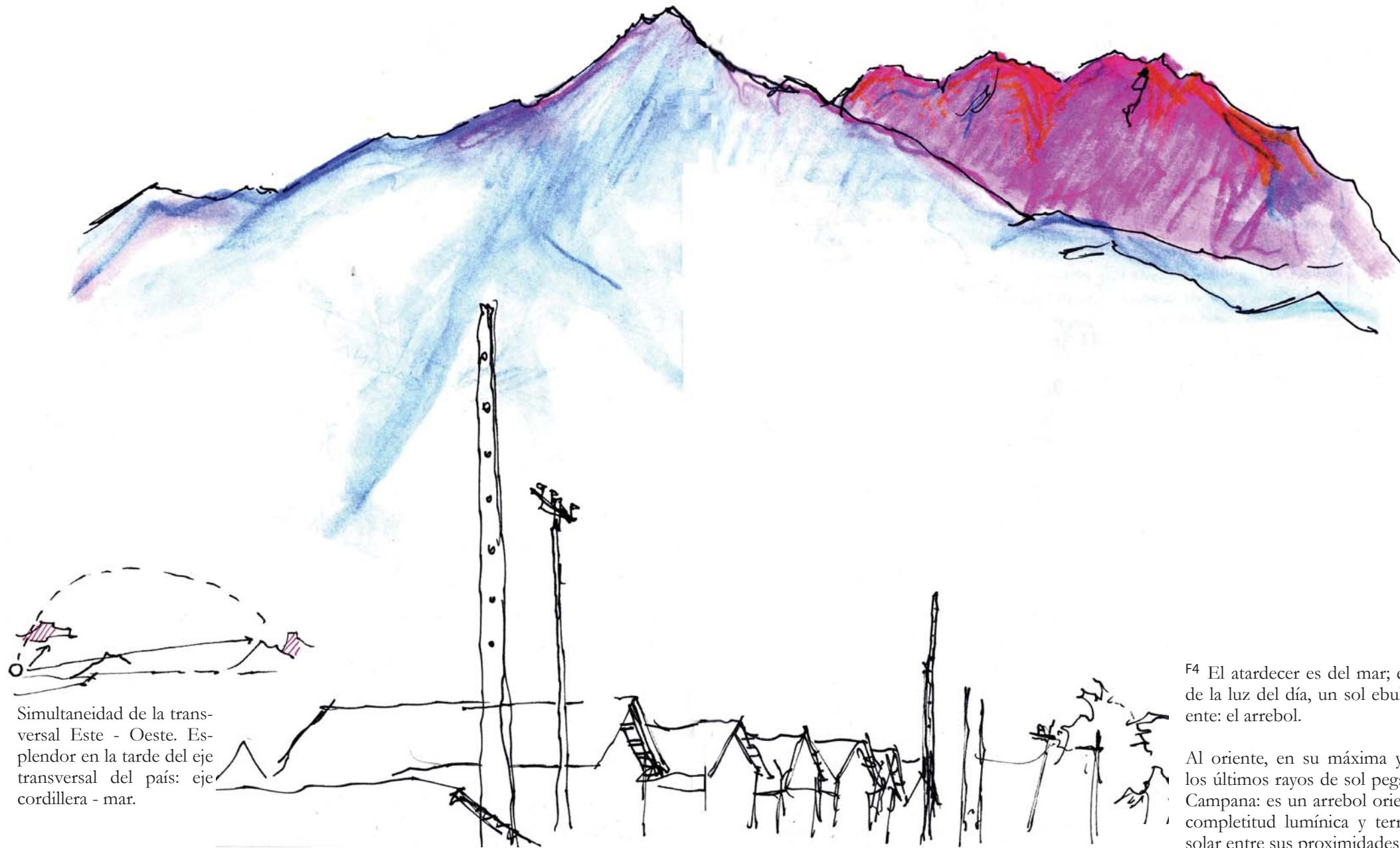
<sup>F1</sup> La virgen del cerro Mayaca, al llegar a ella, se configura como un ‘mascarón de proa’, espolón saliente de la marginal urbe que a su espalda se extiende. La virgen mira directamente a La Campana como una externalización de la ciudad.



F<sup>2</sup> La virgen del cerro con su pelo suelto, viene a marcar también el límite urbano; Al ascender se presenta como un hito único de la cima, directamente envuelta por el cielo.

F<sup>3</sup> El puente como eje articulador de las lejanías del territorio. En su largo aúna, la ciudad desaparece como tal y se denota como un espesor verde. La ciudad desde el río es una ausencia.

Se conforma un eje donde coincide la escala urbana con la geográfica: La campana - plaza - puente (río)- Boco - El mar.



Simultaneidad de la transversal Este - Oeste. Esplendor en la tarde del eje transversal del país: eje cordillera - mar.

F4 El atardecer es del mar; es la extremación de la luz del día, un sol ebullente en el poniente: el arrebol.

Al oriente, en su máxima y opuesta lejanía, los últimos rayos de sol pegan en el cerro La Campana: es un arrebol oriental, seña de una completitud lumínica y territorial, un cierre solar entre sus proximidades y sus lejanías

## Quillota y el río

El crecimiento de Quillota ha ocurrido a lo largo de la historia en base a focos de crecimiento y su posterior desarrollo en anillos. Cuando el anillo límite definido por la ciudad en continuo crecimiento se ve desbordado y ‘rebalsa’ sus límites hasta que es ‘regularizado’ ese desborde con la construcción de un nuevo límite<sup>f5</sup>.

En el lado poniente de la ciudad, el último límite construido fue la avenida Valparaíso, y entre este último límite y el río Aconcagua, se asentaron a mediados del siglo pasado una serie de campamentos y tomas actualmente regularizadas en las poblaciones ‘Aconcagua’ y ‘El bajío’. Dichas poblaciones se asentaron en la pendiente natural del terreno a la vez que la ciudad creció alrededor de ellas rellenando esa pendiente para protegerse de las crecidas el río<sup>f6</sup>.

Esta no concepción original del río en la ciudad como elemento estructurador, ha llevado a dejarlo en la actualidad como un residuo urbano: todo un sector de la ciudad hundido bajo el horizonte de la ciudad, un límite que no tiene un espesor de borde, sino de margen, y con ello acoge a lo marginal.

## Quillota como extensión del puerto Aconcagua

En el marco de la tesis del Puerto Aconcagua, Quillota entrega las posibilidades idóneas para incorporar una zona de desarrollo industrial al servicio de este puerto en Con Con y un enclave vial norte-sur (ruta 5 norte) y este-oeste (ruta 60 CH y corredor bi-oceánico generado por el tren de baja altura en Los Andes). Dicho desarrollo industrial se convierte en un detonante para el crecimiento urbano, bajo el cual, además de incorporar a la ciudad una zona de actividad logística (ZAL), se permite recuperar el río como elemento estructurador de la ciudad, volviéndolo un centro para la ciudad al construir su borde y ganar la orilla opuesta, permitiendo retener el agua en curso en períodos de sequía y contener los caudales de las máximas crecidas para evitar inundaciones (Para períodos de retorno de 200 años, se calcula un caudal de 4040 m<sup>3</sup>/s).

En este contexto, el terreno del proyecto del que me hago cargo corresponde a un punto de inflexión en el curso del río, un centro en las expectativas de crecimiento sur de la ciudad, y el lugar en donde se juntan la ciudad con la ZAL<sup>f7</sup>.

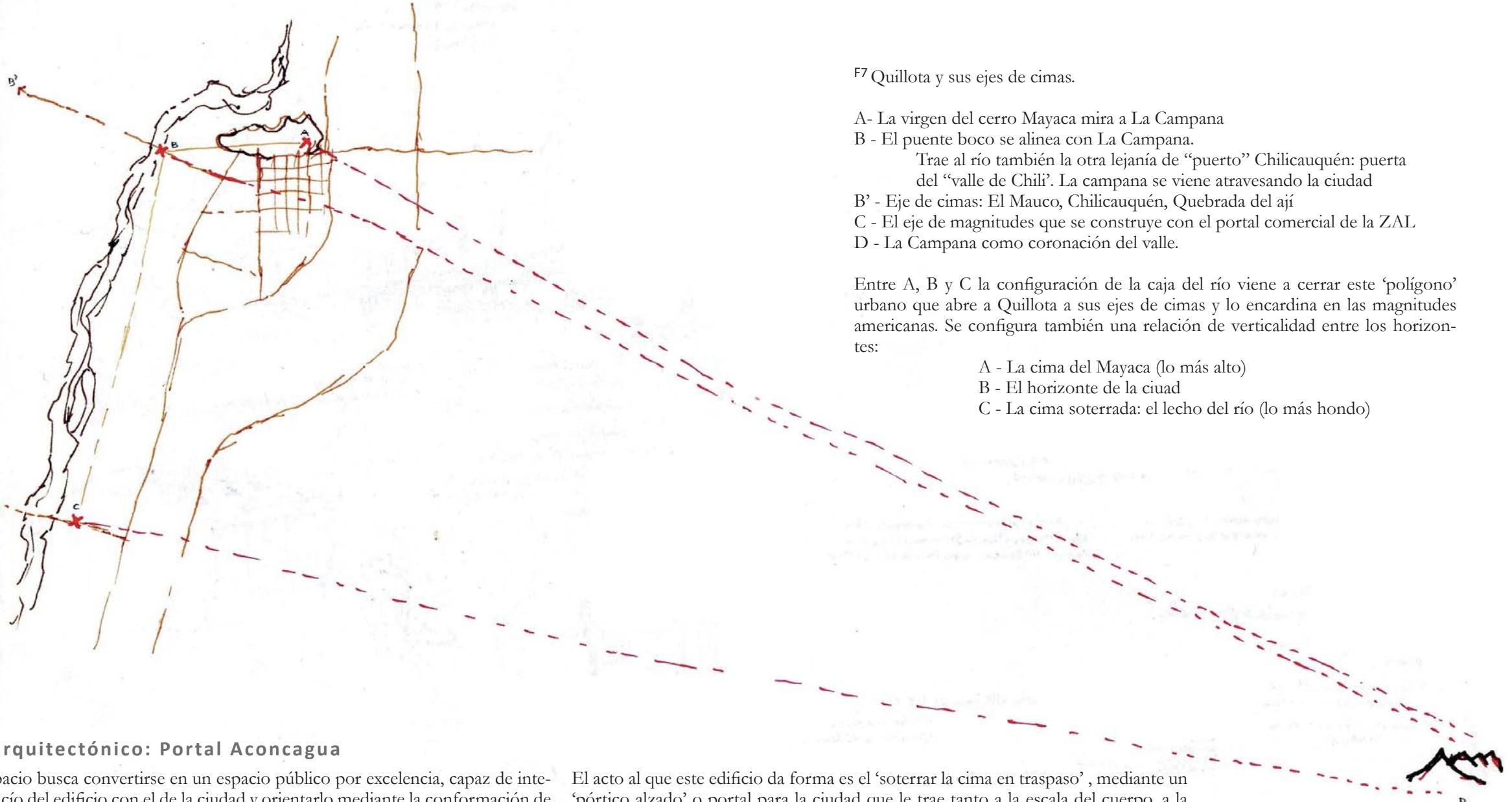
Dicha condición de enclave urbano se aprovecha para generar un nuevo centro que responda a los requerimientos de equipamiento urbano y espacios públicos, a la vez que cumple con el anhelo espacial de la ciudad de construir arquitectónicamente su eje entre la cima y el río. Lo que se proyecta para este enclave es un portal: un solo edificio, abierto en su cuidado del espacio público y que contiene al centro de operaciones industriales de la ZAL y un centro comercial.



F5 Enfrentarse transversalmente al río es conformar dos horizontes: curso arriba y curso abajo.



F6 La relación del tránsito paralelo al río, se configura en borde que viene a traer una cierta ruralidad: lo peri-urbano. El río en su proximidad se consolida como un eje de “pasado”: borde de lo efímero, lo suceptible a las crecidas.



### F7 Quillota y sus ejes de cimas.

- A- La virgen del cerro Mayaca mira a La Campana  
 B - El puente boco se alinea con La Campana.

Trae al río también la otra lejanía de “puerto” Chilicauquén: puerta del “valle de Chili”. La campana se viene atravesando la ciudad

- B' - Eje de cimas: El Mauco, Chilicauquén, Quebrada del ají  
 C - El eje de magnitudes que se construye con el portal comercial de la ZAL  
 D - La Campana como coronación del valle.

Entre A, B y C la configuración de la caja del río viene a cerrar este ‘polígono’ urbano que abre a Quillota a sus ejes de cimas y lo encardina en las magnitudes americanas. Se configura también una relación de verticalidad entre los horizontes:

- A - La cima del Mayaca (lo más alto)  
 B - El horizonte de la ciudad  
 C - La cima soterrada: el lecho del río (lo más hondo)

### Caso arquitectónico: Portal Aconcagua

Este espacio busca convertirse en un espacio público por excelencia, capaz de integrar el vacío del edificio con el de la ciudad y orientarlo mediante la conformación de un eje directo, entre el lecho del río Aconcagua y las cimas de los cerros La Campana Grande y Chica. La estructura del edificio es capaz de dar cabida y abrigo a este eje y a la plaza-zócalo que bajo él se proyecta .

El acto al que este edificio da forma es el ‘soterrar la cima en traspaso’, mediante un ‘pórtico alzado’ o portal para la ciudad que le trae tanto a la escala del cuerpo, a la escala de los recintos y la del edificio, la escala de país-paisaje anteriormente mencionado, construyendo así un tercer momento de verificación de las grandes magnitudes del valle, soterrando la cima hacia el río: máxima expresión de la verticalidad del valle.

## EL ESPACIO PÚBLICO MODERNO

Estos cuestionamientos nacen de la necesidad de re-plantearse el proyecto ahora desde un punto de vista que dé cabida a las demandas y problemáticas actuales de los espacios y edificios públicos.

### Casos referenciales

C.1.1 Shopping “Los Cobres” Vitacura, 1977. Arquitecto: Jaime Bendersky<sup>f8</sup>

El caso particular de este centro comercial (uno de los primeros del país) viene a responder espacialmente a un sentido de época, a una nueva forma de ser de la sociedad Chilena (Francisco Díaz, 2010):

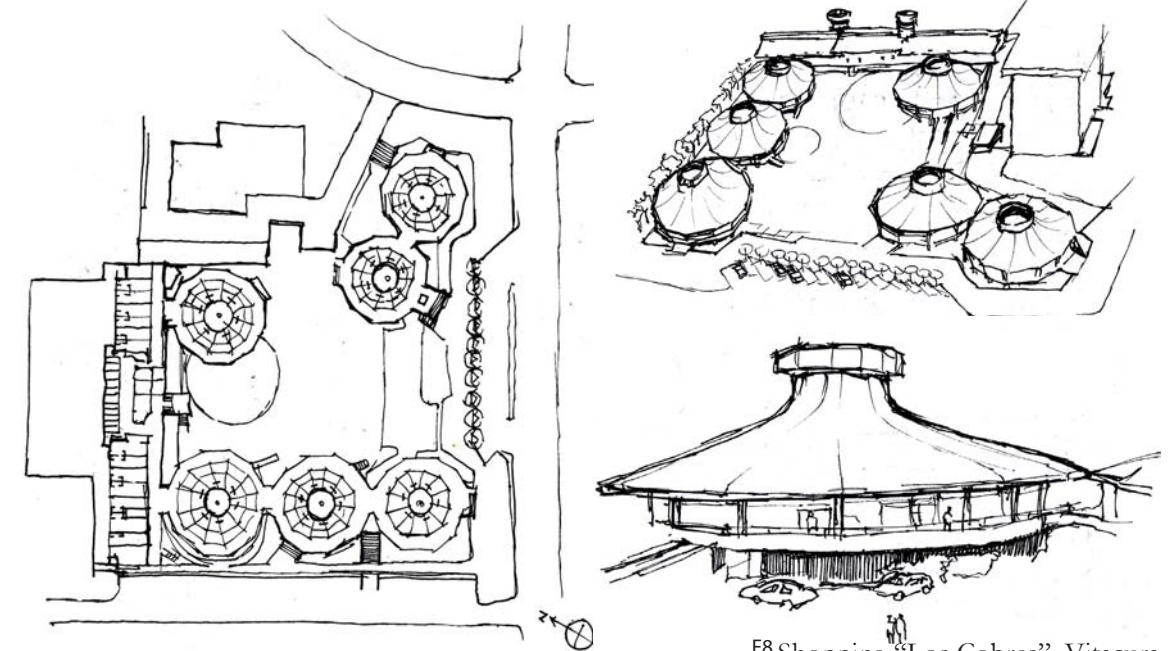
“Alentado por las oportunidades que surgen con la implementación del sistema Neo-liberal, a principios de los 80 empieza a surgir un nuevo grupo social, caracterizado por ser quienes de mejor forma aprovechan esas nuevas oportunidades: ya sea que les llamemos “yuppies”, o “cuescos cabrera”, se trata de una nueva clase social, que disfruta de una incipiente apertura económica, haciendo visibles sus patrones de consumo como una estrategia de posicionamiento social.”

El caso del shopping “Los Cobres” de Vitacura, es un ejemplo de la acomodación del espacio público a la nueva sociedad que se configuraba en los años 70<sup>t</sup>. Estando o no de acuerdo con la ideología predominante en ese instante, se reconoce que la espacialidad arquitectónica era congruente con el “acto” de ver, verse y ser vistos consumiendo.

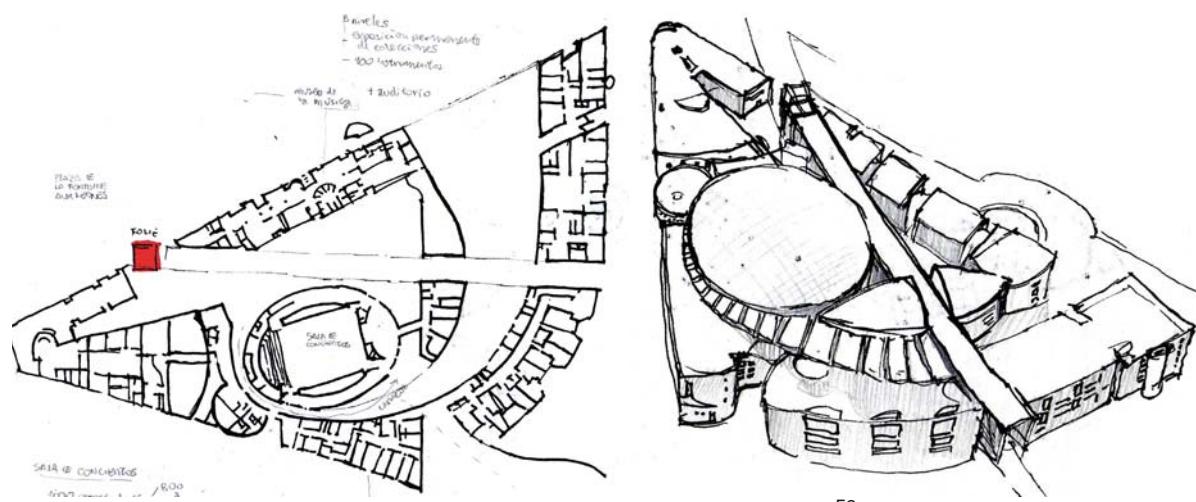
C.1.2 La Cité de la Musique Paris, 1995. Arquitecto: Christian de Portzamparc<sup>f9</sup>

Se toma el caso de la ciudad de la música de Paris, como un ejemplo del modo en que las ciudades modernas exigen nuevas formas de recintos públicos, interiores abiertos a modos de ciudades dentro de ciudades. Se rescata esta obra por el partido plástico formal que asume: La arquitectura presentada es una arquitectura intersticial, que desde un rasgo unitario, genera volúmenes aparentemente independientes (pero al mirar la planta se ve la conexión entre todos ellos).

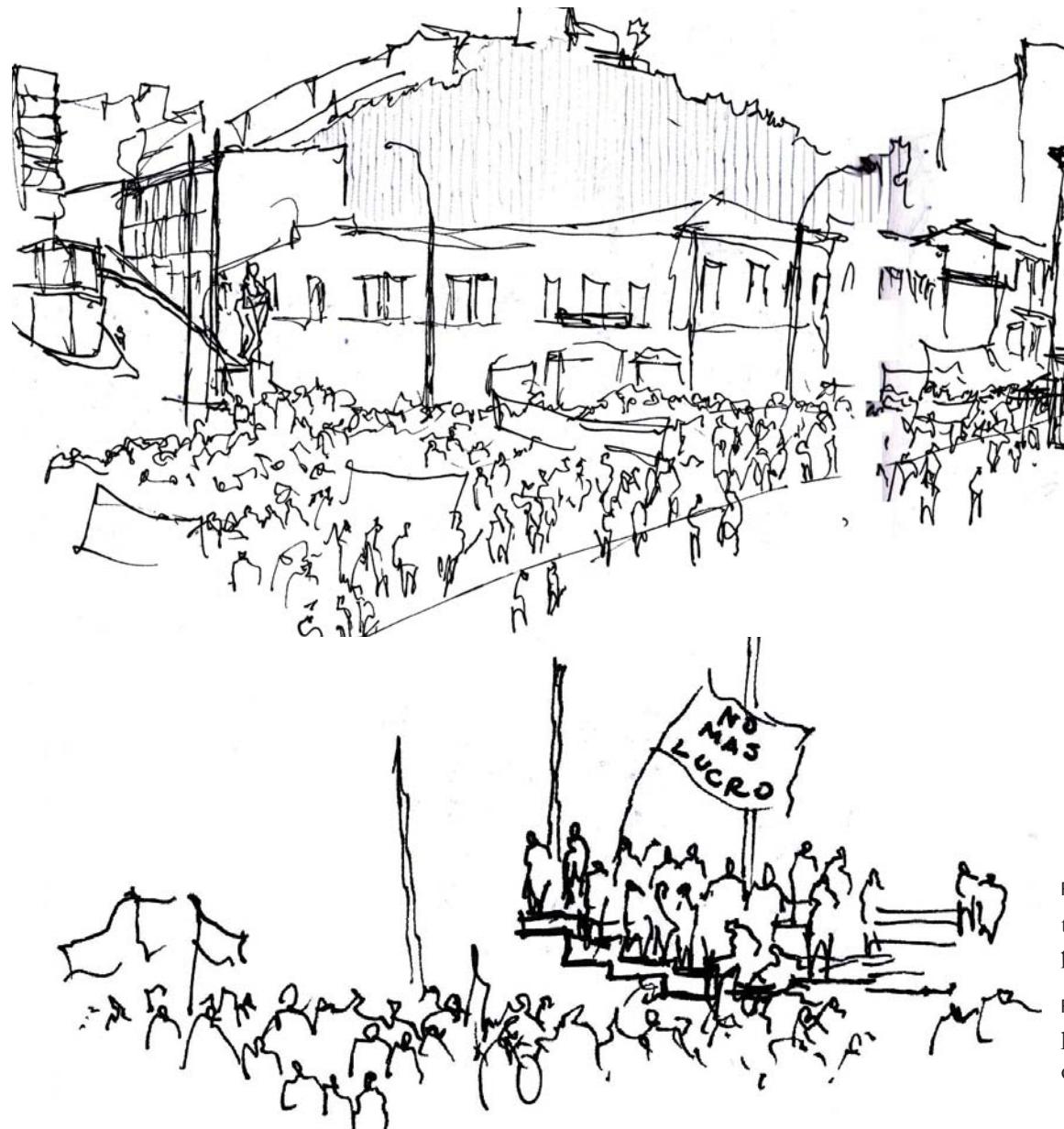
El edificio como unidad articula y reparte su programa entre todos los cuerpos, generando la complejidad volumétrica de una ciudad con esas distinciones.



F8 Shopping “Los Cobres”, Vitacura



F9 La Cité de la Musique, Paris



## Las marchas

Las manifestaciones masivas son quizás en la actualidad una de las últimas formas en que las calles, espacio público por antonomasia se recuperan para el tránsito peatonal masivo<sup>F10</sup>. Es en estas actividades en que la masa de la población va para hacerse ver y hacerse oír; es decir, tomar plenitud del uso de su espacio como el cobro de un derecho exigible como sociedad democrática.

Esta participación democrática se realiza mediante la voz unísona del ‘pueblo’ en los espacios que son capaces de construir el silencio necesario para oírla. La ciudad con sus ruidos continuos configuran una cierta ‘mudez’, la cual debe callar para poder oírse a si misma en su voz unísona; la ‘voz del pueblo’ es unísona o no lo es<sup>F11</sup>, y se construye mediante las pancartas llevadas por muchas personas, los cánticos, los gritos, el pulso de los tambores, los altavoces, etc.

Esta única voz es la que genera pertenencia y cohesión social en los espacios públicos (por naturaleza dispersivos). Es en estas instancias en que en la calle, como caja de resonancia de esta voz, aparece manifiesto el sentido del “poder” ejecutado por sus originales dueños (Arendt, 1970):

“Poder: corresponde a la capacidad humana, no simplemente para actuar, sino para actuar concertadamente. El poder nunca es propiedad de un individuo; pertenece a un grupo y sigue existiendo mientras que el grupo se mantenga unido. Cuando decimos de alguien que está «en el poder» nos referimos realmente a que tiene un poder de cierto número de personas para actuar en su nombre. En el momento en que el grupo, del que el poder se ha originado desaparece, «su poder» también desaparece.”

Dicho poder se manifiesta en su máxima expresión en el espacio público.

<sup>F10</sup> El borde de la calle señala la diferencia entre el participante y el espectador, este último tiene una participación implícita al mirar también se asiste.

<sup>F11</sup> Se viene en grupo, la voz unísona del pertenecer. Es la pertenencia la que esplende en lo público, la marcha como una expresión de lo colectivo.

## Exclusividad v/s inclusividad en el espacio público

El espacio público moderno vive un proceso de interiorización y su máxima expresión es el mal. Las continuas búsquedas de mayor seguridad y exclusividad en los recintos usados de forma pública originalmente propias de la calle, plazas y parques como espacios de intercambio comercial y cultural: las ferias, han sido llevadas a los grandes centros comerciales, supermercados y multi tiendas: bloques cerrados, con control de las cámaras, del aseo, de la seguridad, e incluso de su propio clima.

Pese a los innegables beneficios económicos de comodidad y seguridad en estos nuevos espacios. Se ha producido un desmembramiento del espacio público y una segregación social basado en la búsqueda constante de lo 'exclusivo' (Salcedo Hansen, 2004).

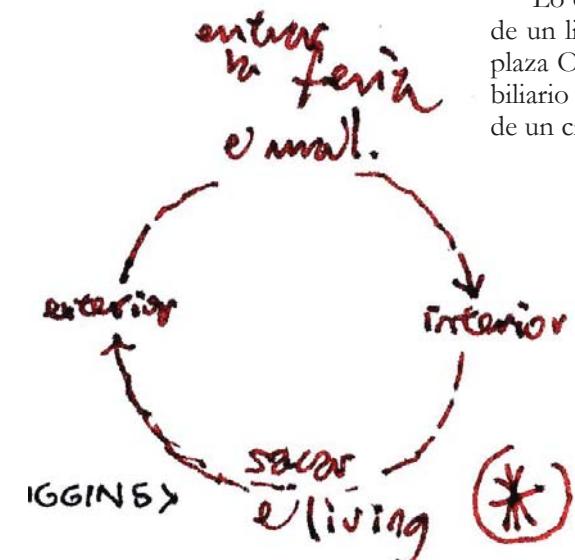
"Los grupos dominantes están siendo capaces, hoy en día, de excluir al resto de los actores sociales del uso de ciertos espacios, a través de la creación de enclaves en los que el discurso del espacio público como lugar de encuentro social y construcción de ciudadanía se mantiene, pero se restringe sólo a ciertos segmentos de la sociedad. Este es en parte el discurso de los espacios pseudo-públicos, de las nuevas comunidades enrejadas creadas por los neo-urbanistas como Andrés Duany, el de la industria del mall y el de los empresarios de la entretenimiento. El espacio pseudo-público es entonces abierto pero seguro, atento a la comunidad pero comercial, libre y espontáneo pero al mismo tiempo controlado y producido. El espacio público post-moderno es un lugar de expresión y ejercicio del poder, pero es experimentado como tal sólo por los oprimidos; para el resto, tal como en la modernidad, es el espacio de construcción ciudadana y diálogo social."

Los espacios públicos modernos se encuentran con el debate de construir lo inclusivo en los recintos que conceptualmente tenderán siempre a la exclusividad (incluso como un plus de marketing).

Desde la observación de lo que cuida 'lo público' en las plazas, aparecen luces para aclarar el partido necesario en la configuración de esa nueva espacialidad para Quillota: si el paso de lo público a lo privado, o bien de lo inclusivo a lo exclusivo se llevó a cabo mediante la interiorización de la feria, dando como resultado el mall; el paso de lo exclusivo a lo inclusivo se realiza mediante la exteriorización del 'living'<sup>F12</sup>: proceso que incorpora la extensión, esa que Quillota construye entre las cimas y el río.



F12 Lo que cuida lo público es la exteriorización de un living, señalado en el club de brisca de la plaza O'Higgins en Valparaíso, mediante el mobiliario y el techo con una construcción luminosa de un cielo próximo.



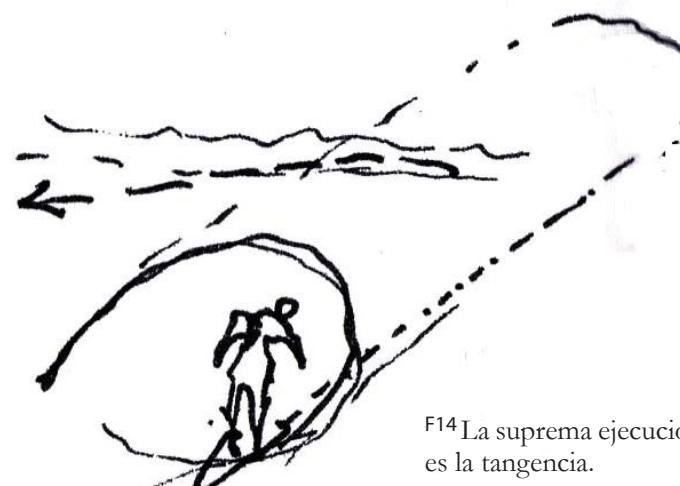


## EL RÍO ACONCAGUA Y LAS AGUAS: 'ANTE', 'EN', 'A TRAVÉS'

Se volvió a mirar el río, ante la pregunta de “¿Cómo es pasar el río?” y “¿Cómo es estar ante un río que pasa?” Con el propósito de ayudar a conformar el partido general con que la ciudad, a través de este proyecto, se acerca a las orillas del río Aconcagua <sup>F13</sup>.

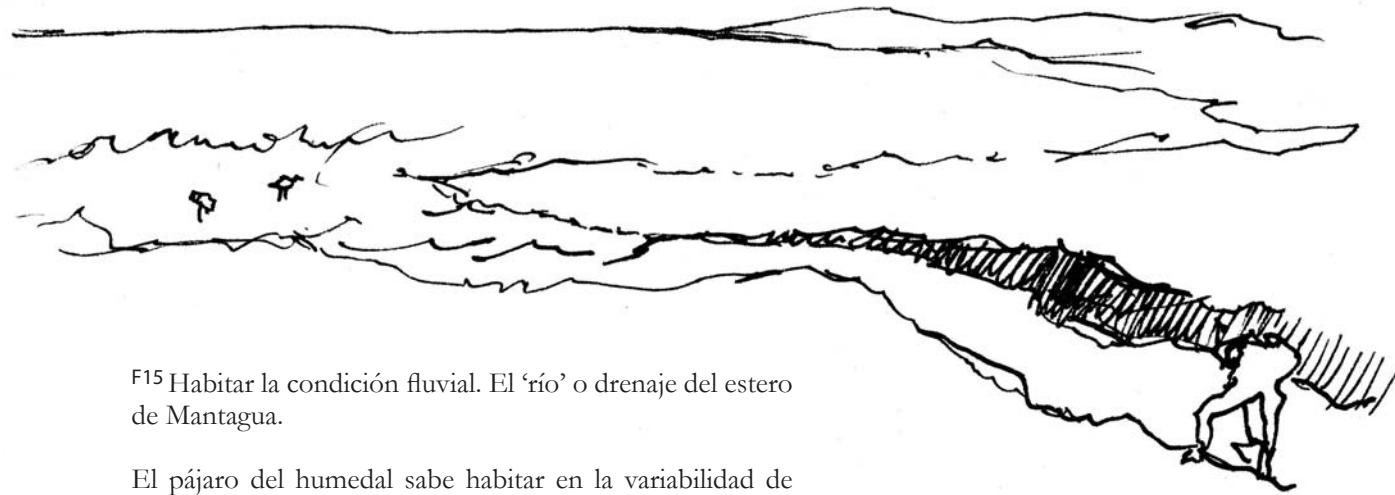
El río en sí es capaz de construir el silencio necesario para que se manifieste la “voz unísona” o la voz pública. Su espesor, debido a su densidad biológica e hídrica, jamás configurará una mudez, sino que dará el marco construido de silencio abierto a encontrarse con lo público de la ciudad.

El río parecerá construir este silencio regalado cuando somos capaces de situarnos con él con levedad. Atravesar el río es la construcción de la recta entre los dos puntos más cercanos posibles. Sin embargo, el modo en que esplende el río, al igual que en el surf, es no atacándolo, vadeándolo o queriendo vencerlo; con el agua se debe habitar desde las tangencias <sup>F14-F15</sup>.



<sup>F14</sup> La suprema ejecución del surf es la tangencia.

<sup>F13</sup> En el agua la ciudad también desaparece, se deja atravesar por el río que cuida un silencio natural aún indomable.



F15 Habitar la condición fluvial. El ‘río’ o drenaje del estero de Mantagua.

El pájaro del humedal sabe habitar en la variabilidad de lo variable. En eso, las intervenciones humanas marítimas tratan de construir lo invariable entre la variabilidad intrínseca de un río o caudal.

¿Cuál es la levedad con que se posan las obras humanas? Lo marítimo sabrá construir con levedad una habitabilidad variable en lo variable del río.

## **Fuentes de imágenes**

F1 - F15      Dibujos del autor

## **Bibliografía**

### **Textos**

- Dos aproximaciones a la relación entre consumo y espacio público: feria libre y mall como espacios representativos de ciudades paralelas en Santiago de Chile, Daniel Opa-  
zo Ortiz, disponible en <http://laciudadnoshabita.bligoo.cl>
- El espacio público en el debate actual: Una reflexión crítica sobre el urbanismo post-  
moderno, Rodrigo Salcedo Hansen, disponible en <http://www.scielo.cl>
- La ciudad genérica, Rem Koolhas, Edit. Gustavo Gili, 1994
- Espacio público, Elke Schlack, disponible en <http://www.scielo.cl>





## C/ FUNDAMENTOS

### C.3/ FUNDAMENTO TÉCNICO

Antecedentes técnicos del río: corresponde a los estudios realizados para el proyecto “estanque recreacional para Quillota” que otorgaron la información que permite caracterizar el lecho del río en sus parámetros geológicos, geotécnicos, rugosidad, y al río propiamente tal con sus caudales máximos y períodos de retorno.

Partido energético: análisis de los principios físicos utilizados en los sistemas hidráulicos, así como de las energías que los rigen: energía cinética y potencial gravitatoria. Sistemas constructivos: análisis de los procesos, sistemas y elementos que permiten la configuración de la caja hidráulica del río y de las propuestas creativas a proyectar: gaviones, enrocados y compuertas.

Dinámica fluvial: estudio de los parámetros a tener en consideración para las intervenciones en ríos, tales como: meandros, sedimentos, parámetros a-dimensionales, etc.

## **fundamento técnico/ ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL RÍO ACONCAGUA**

Los tipos de suelos en torno al río Aconcagua en Quillota, en especial en los sectores aledaños al puente Boco, fueron estudiados en laboratorio por un ingeniero especialista en mecánica de suelos mediante la inspección de 9 calicatas que excavaron hasta alcanzar las napas de agua. Dicho estudio se realizó el año 1981 en el marco del proyecto Quillota acometido por la escuela de arquitectura de la PUCV, cuyo ante-proyecto de ingeniería se denominó “Estanque recreacional y obras anexas” y se le encargó a Guillermo Noguera y asociados: ingenieros consultores Ltda. A continuación se exponen los resultados de dicho análisis:

### **Antecedentes geológico**

Las obras a construir comprometen casi en su totalidad rellenos cuaternarios de origen fluvial, los que han sido depositados por el río Aconcagua. Estos depósitos fluviales, que alcanzan espesores de consideración (varias decenas de metros), se apoyan sobre una roca intrusiva del tipo granítico, correspondiente al batolito de la costa de probable edad Jurásico – Cretácico. La roca aflora a la superficie en el sector norte y en el sector oriente de la zona de implantación del estanque, prácticamente sin comprometer a éste, salvo en el extremo de las aguas debajo de la obra. Este afloramiento es el que da lugar al cerro isla que caracteriza a la ciudad de Quillota (Cerro Mayaca).

### **Antecedentes Geotécnicos**

Los suelos o depósitos fluviales que cubren la caja del río y la zona que ocupará el estanque, corresponden a gravas arenosas limpias, de cantos sub-redondeados, mal graduadas, con tamaño máximo del orden de las 7". Los ensayos de laboratorio efectuado muestran a estos suelos con una escasa proporción de material entre los tamaños 3/8" y malla 30 (0.595 mm), lo que deja a su fracción arenosa formada casi en su totalidad por arenas finas (o de estuco). Esta característica del fluvial de esta zona, se da con relativa frecuencia en otras áreas del río Aconcagua, próximo a Quillota.

En general, el depósito de material fluvial presenta una buena compacidad y para todos los fines, puede considerarse como un suelo de baja compresibilidad. El coeficiente de permeabilidad del depósito no sería superior a 10-4 m/seg ni inferior a 10-5 m/seg, valor que se puede inferir de las pruebas de bombeo efectuadas en los sondajes del agua potable en Quillota. En general este depósito fluvial se desarrolla desde la superficie del terreno, pero hay zonas que se encuentran parcialmente cubiertas por una capa de suelos muy contaminados con finos, raíces y algunos elementos extraños al suelo natural, lo que suele no sobrepasar los 20 cm de espesor. La napa de agua, en estos depósitos se en-

cuenta próxima a la superficie y para todos los fines, puede considerarse que su nivel coincide con el de aguas en el río. La roca que aflora en las vecindades corresponde a una roca granítica, la que en general se presenta sana y poco fracturada (incluso hay un sector que en el pasado fue explotado como cantera, para enrocados). En estos afloramientos la roca sana está cubierta por depósitos moderados de suelos coluviales y escombros de falda, además de roca alterada.”

### Caudales máximos instantáneos

Dentro del mismo estudio, y a partir de la estación de medición del Aconcagua en Romeral y las relaciones entre caudales de crecidas y precipitaciones, se determinaron los caudales máximos instantáneos: “Considerando que los caudales máximos instantáneos pueden ser originados por temporales de duración superior a 24 horas y además que los caudales máximos instantáneos obtenidos aplicando el método Gumbel a la serie de valores máximos anuales se determinaron a partir de una estadística de sólo 19 años (1960 – 1978) y con algunos valores obtenidos en forma indirecta o de lecturas limnimétricas, los caudales obtenidos se han aumentado en un 10%. De esta manera los caudales máximos instantáneos de Aconcagua en Romeral <sup>F1</sup> que se han empleado para estimar los de Aconcagua en puente Boco son los que se indican a continuación. Finalmente, introduciendo los valores de las precipitaciones, se obtienen los caudales máximos instantáneos en función del período de retorno de Aconcagua en Puente Boco <sup>F2</sup>.

TR= Período de Retorno / QP= Caudales máximos instantáneos anuales

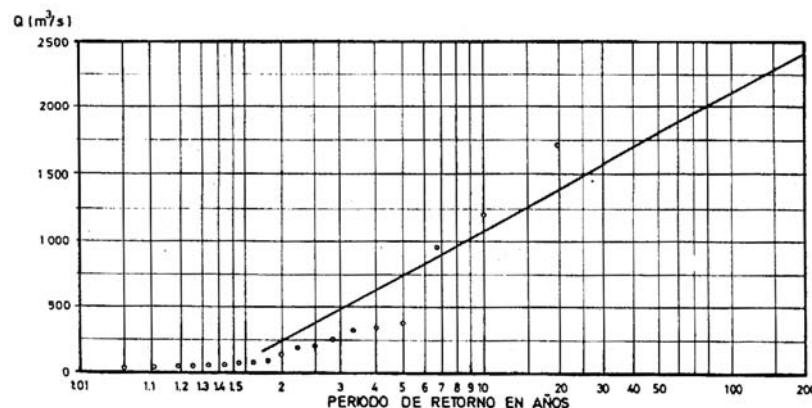
TR (años)	5	10	20	50	100	200
QP (m <sup>3</sup> /s)	1.255	1.805	2.330	3.020	3.535	4.040

### Rugosidad del lecho

De acuerdo con las características del lecho del río y basados en los antecedentes obtenidos de la publicación “Roughness Characteristics of Natural Channels”, los ingenieros a cargo del proyecto “Estanque recreacional” determinaron el coeficiente de rugosidad de Manning básico: “n” igual a 0,030. Siguiendo el procedimiento de Cowan (quien reconoce los factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad: material involucrado, grado de irregularidad, variaciones de sección transversal, efecto relativo de las obstrucciones, vegetación y grado de los efectos de los meandros), se modificaron los coeficientes básicos obteniéndose los valores que se ocuparon en los cálculos:

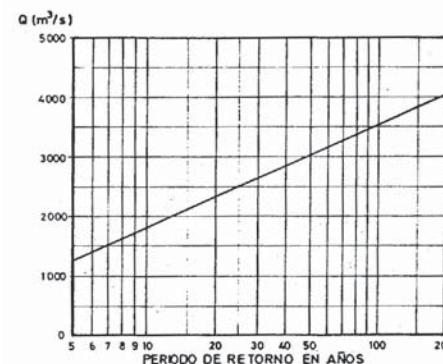
Caucos principales	n = 0.040
Caucos de inundación	n = 0.075

ACONCAGUA EN ROMERAL  
CRECIDAS MÁXIMAS INSTANTÁNEAS ANUALES  
[ PERÍODO 1960 – 1978 ]

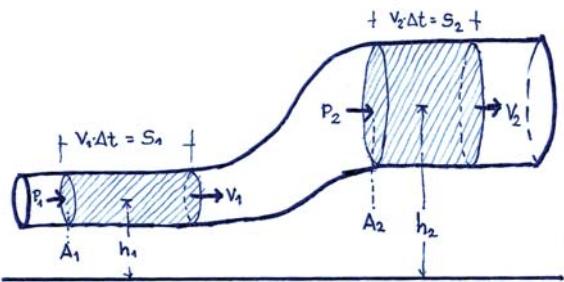


F1 Crecidas máximas con un retorno a 200 años en la zona del Romeral, en la parte alta del río.

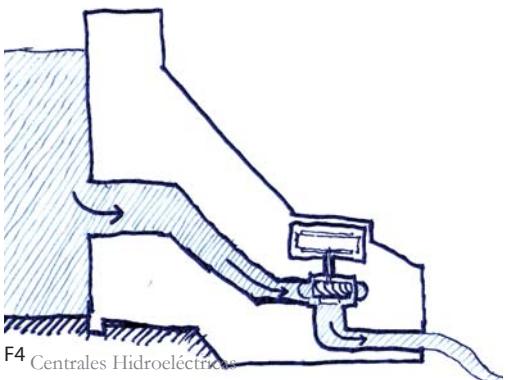
ACONCAGUA EN PUENTE BOZO  
CRECIDAS MÁXIMAS INSTANTÁNEAS ANUALES



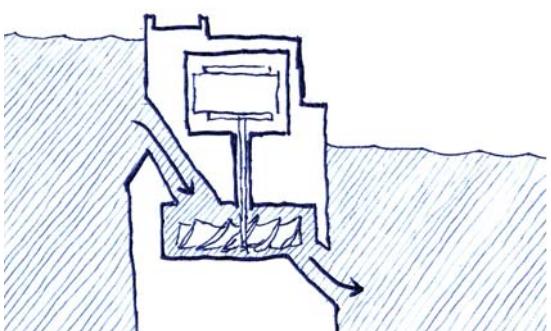
F2 Crecidas máximas con un retorno a 200 años en la zona de Boco, frente a Quillota



F3 Principio de Bernouilli



F4 Centrales Hidroeléctricas



F5 Generadores de energía mareomotriz

## PARTIDO ENERGÉTICO

El carácter rívereño de la propuesta, tanto en la configuración de sus aguas recreacionales como en la posible contención a realizar en el río Aconcagua, implica un acabado estudio de las condicionantes energéticas que dicha propuesta debe admitir: el agua en movimiento, como premisa de los proyectos, se rige por la hidráulica, fundamentada como todo fluido por las energías Cinética y Potencial gravitatoria. Las particularidades programáticas de la propuesta que responda al encargo, implican también el efecto de los vientos y las corrientes de aire sobre la intervención, la flotabilidad de ciertas instalaciones en el agua y la acústica del conjunto propuesto.

### Sistemas Hidráulicos

Son aquellos en donde el tratamiento de la energía se realiza mediante la acción de líquidos; la energía por este medio aprovechada, se deriva directamente de la energía de la velocidad de los líquidos (Energía Cinética "EC") y de la que adquieren éstos con su altura (Energía Potencial Gravitatoria "EP"). Estos sistemas obedecen a las leyes de comportamiento de los líquidos y de sus relaciones con los cuerpos sólidos o gaseosos.

Hidrostáticamente (líquidos en reposo), la densidad y la presión hidrostática definen: La tensión superficial, las superficies mínimas, la capilaridad. La temperatura define: dilataciones, contracciones y cambios de estado.

Hidrodinámicamente (líquidos en movimiento), el comportamiento de los líquidos se define por:

- Número de Reynolds ( $Rd$ ): Es un parámetro a-dimensional utilizado para caracterizar a los fluidos que permite relacionar la viscosidad, velocidad y dimensión de su contenedor. Permite determinar el tipo de flujo que lleva un líquido, ya sea laminar ( $Rd < 2.000$ ) o turbulento ( $Rd > 4.000$ ).

Donde  $V$  = velocidad

$D$  = diámetro

$\rho$  = densidad

$\mu$  = viscosidad

$$Rd = \frac{V D \rho}{\mu}$$

Principio de Bernoulli <sup>F3</sup>: Describe el comportamiento de un fluido ideal (sin roce ni viscosidad, caudal y densidad constantes) moviéndose a lo largo de una línea de corriente, en donde la energía que posee dicho fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

Donde  $V$  = velocidad

$P$  = presión a lo largo de una línea de corriente

$g$  = aceleración de gravedad

$z$  = altura en  $g$  desde una cota de referencia

$\rho$  = densidad

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P + \rho g z$$

Ejemplos de sistemas hidráulicos:

- Centrales hidroeléctricas <sup>F4</sup>
- Generadores de energía Mareomotriz <sup>F5</sup>
- Molinos hidráulicos <sup>F6</sup>
- Arietes hidráulicos <sup>F7</sup>

### Energía Cinética (Ec)

Es la energía que posee un cuerpo en movimiento. Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee. Conseguida esta energía mediante la aceleración que saca a los cuerpos desde su reposo, el cuerpo mantiene su energía cinética a menos que varíe su rapidez o masa, o bien la disipa mediante el roce. La energía cinética es directamente proporcional a la masa (m) y al cuadrado de la velocidad (v).

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Los valores que adquiere la energía cinética, crecen de forma parabólica al aumentar la velocidad, y, al igual que los otros tipos de energía, se miden en Joules (J); 1 J = 1 kg·m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>

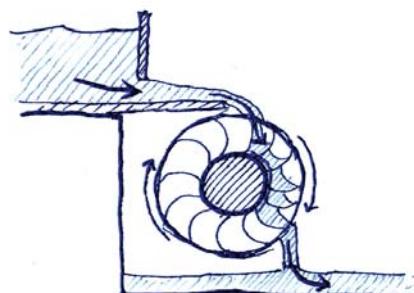
### Energía Potencial Gravitatoria (Ep)

La energía potencial mide la capacidad que posee un sistema para realizar un trabajo en función exclusiva de su posición, en el caso específico de la energía potencial gravitatoria, ésta corresponde a la energía que un cuerpo almacena en función de su altura respecto a un punto de referencia. Su valor es directamente proporcional a la masa del objeto (m), a la altura que tiene (h) y a la aceleración de gravedad a la que está sujeto en su posición geográfica específica.

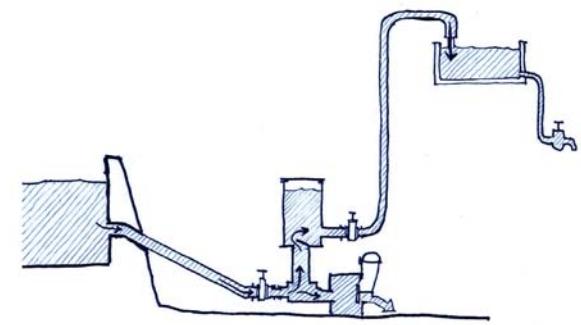
$$E_p = m g h$$

### Sistemas Aerodinámicos

Son los sistemas en los que el tratamiento de la energía se lleva a cabo por medio de acciones sobre masas de gas; acciones que, por lo general, se realizan mediante elementos pertenecientes a otros sistemas. Estos sistemas obedecen a las leyes de comportamiento de los gases y a las relaciones de los gases con elementos en estado líquido o sólido.



F6 Molinos hidráulicos



F7 Arietes hidráulicos

### Leyes de los gases ideales

Los gases ideales son gases hipotéticos formados por partículas puntuales, sin atracción ni repulsión entre ellas y cuyos choques son perfectamente elásticos. La ecuación de estado de los gases ideales, describe la relación entre la presión (P), el volumen (V), los moles de gas (n) y la temperatura (T) a través de una constante universal de los gases ideales (R).

$$P V = n R T$$

De dicha ecuación de estado, considerando uno o más valores como constantes, se desprenden la Ley de Boyle-Mariotte:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

### Ley de Charles (proceso isobaro):

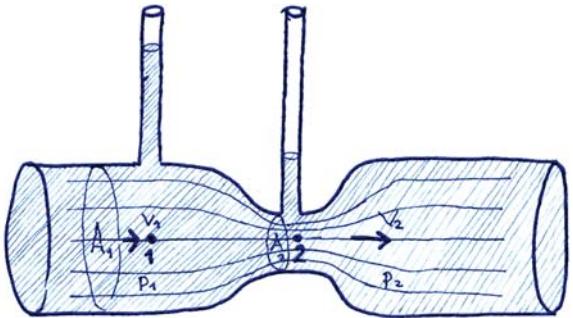
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

### Ley de Gay-Lussac (proceso isocoro):

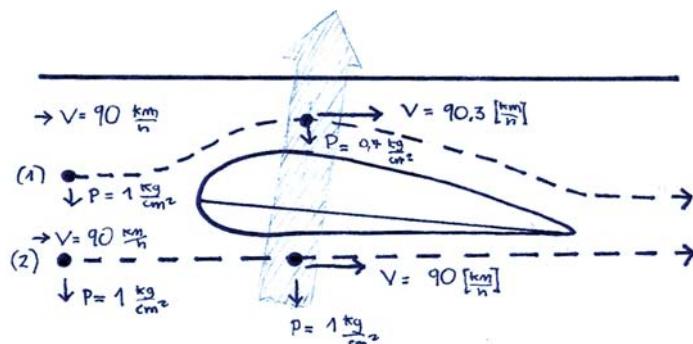
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

### Ley de Avogadro:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$



F8 Efecto Venturi



F9 Perfil Aerodinámico

### Principios Aerodinámicos

Las leyes de la aerodinámica, aplicables a cualquier objeto moviéndose a través del aire, que explican el vuelo de objetos más pesados que el aire. Para el estudio del vuelo, es lo mismo considerar que es el objeto el que se mueve a través del aire, como que este objeto esté inmóvil y es el aire el que se mueve.

### Principio de Bernouilli (aplicación aerodinámica)

Enuncia que la presión y la velocidad de un sistema de fluidos en movimiento son inversamente proporcionales al mantener su energía total constante; como consecuencia de esto, el aumento de la velocidad del fluido se compensa con una disminución de la presión. Este teorema es el que se aplica al flujo gaseoso sobre las superficies de los perfiles aerodinámicos para provocar la sustentación de los aviones en vuelo.

Efecto Venturi:<sup>F8</sup> Las partículas de un fluido que pasan a través de un estrechamiento sufren una aceleración: aumentan su velocidad, lo cual, por aplicación del principio de Bernouilli, implica una disminución de la presión. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto.

### Perfil Aerodinámico:

Es aquel cuerpo que tiene un diseño determinado para aprovechar al máximo las fuerzas que se originan por la variación de velocidad y presión cuando este perfil se sitúa en una corriente de aire.

Al tomar dos partículas que se mueven a una misma velocidad y hacerlas pasar por la perturbación que origina la introducción del perfil aerodinámico, entre la parte superior del perfil y la línea recta superior horizontal se produce una reducción de espacio, logrando un aumento de la velocidad del aire, mientras que en la parte inferior del perfil el recorrido de las partículas es horizontal, no modificando la corriente de aire<sup>F9</sup>.

Por efecto Venturi, y ante el estrechamiento que se produce en la parte superior, el aire se acelera, lo cual (por aplicación del principio de Bernouilli) conlleva a una diferencia en las presiones del aire entre la cara superior (menor) y la inferior (mayor) del perfil aerodinámico. Lo que conlleva a una fuerza ascendente llamada fuerza de sustentación, que permite el vuelo de los aviones.

### Principio de flotabilidad de Arquímedes<sup>F10</sup>

Es un principio físico que enuncia “Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desplazado”.

Al ir introduciendo un cuerpo en el líquido, se va desalojando paulatinamente un volumen de líquido igual al volumen que se va introduciendo del cuerpo (un volumen sustituye al otro); el líquido reacciona contra esta introducción empujando al cuerpo con la misma fuerza que utilizaba para mantener al líquido que estaba allí. Si el peso del cuerpo es menor al del volumen de líquido que soportaba, el cuerpo flota; de lo contrario, el cuerpo se hunde. Dicha fuerza de empuje es igual al peso del líquido desalojado y se expresa con la fórmula:

$$E = m g = \rho_f g V$$

Donde “E” corresponde al empuje vertical, “m” es la masa del objeto sumergido, “g” corresponde a la aceleración de gravedad, “ $\rho_f$ ” es la densidad del fluido y “V” corresponde al volumen de fluido desplazado.

## Acústica

La acústica corresponde a una rama de la física que estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción y reproducción del sonido. El sonido se entiende como una perturbación que se propaga generalmente en el aire y que es percibida por el oído. Dicha transmisión corresponde a un fenómeno ondulatorio

El sonido es una onda mecánica que avanza o que se propaga como consecuencia de una compresión longitudinal del medio de transporte. Un sonido puede caracterizarse según sus propiedades ondulatorias, estas son:  
Intensidad: corresponde a la energía que está fluyendo por el medio como consecuencia de la propagación de la onda.

Tono: Es la cualidad del sonido mediante la cual el oído le asigna un lugar en la escala musical, permitiendo distinguir entre los graves y los agudos. La magnitud física que está asociada al tono es la frecuencia.

## Fenómenos ondulatorios

Reflexión y difracción <sup>F11</sup>: El tamaño del obstáculo y la longitud de onda determinan si una onda rodea el obstáculo o se refleja en la dirección que provenía. Si el obstáculo es pequeño en relación con la longitud de onda, el sonido lo rodeará, modificando la geometría de su propagación. Si por el contrario, el obstáculo es de una magnitud considerable en relación a su longitud de onda, el sonido se refleja. Si la onda se refleja, el ángulo de la onda reflejada es igual al ángulo de la onda incidente respecto a un eje perpendicular a la superficie de reflexión.

Refracción: Supone un cambio en la velocidad de propagación de la onda producido por un cambio en el medio de material en que dicha onda se propaga.

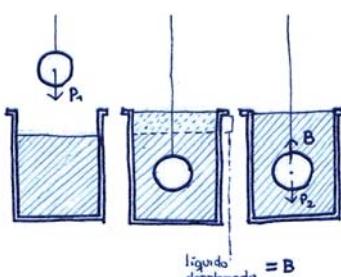
Ondas estacionarias: Se produce por la suma de una onda y su onda reflejada sobre un mismo eje, dependiendo cómo coincidan las fases de la onda incidente y la reflejada, se producirán modificaciones en el sonido al aumentarse o disminuirse la amplitud.

Eco: Se explica porque la onda reflejada se devuelve con un tiempo superior al de la persistencia acústica (tiempo que demora el cerebro en aunar los sonidos diferentes en un corto espacio de tiempo, equivale a una distancia de reflexión de más de 17 metros).

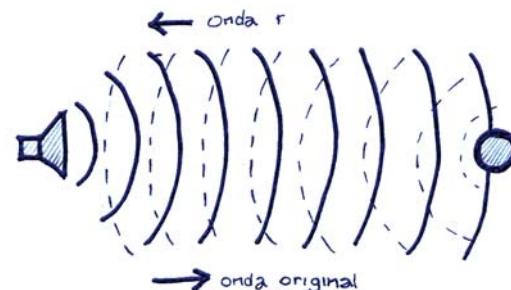
Reverberación: Se produce cuando las ondas reflejadas llegan al oyente antes de la extinción de la onda directa, es decir, en un tiempo menor que el de la persistencia acústica.

Acústica en espacios abiertos: El fenómeno preponderante es la difusión del sonido, que se realiza en ondas tridimensionales (esferas radiales de propagación de la perturbación original que produce el sonido). Influyen aquí las corrientes de aire, las superficies existentes en el espacio exterior y la calidad de la reflexión que producen a esta propagación radial.

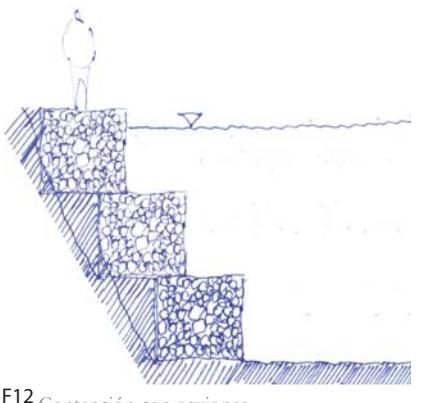
Acústica en espacios cerrados: El fenómeno preponderante es la reflexión y absorción del sonido producida por los elementos que definen el recinto interior: suelos, techo, muros, muebles, habitantes, etc. El juego con la geometría y rugosidad de dichos elementos arquitectónicos, permite proyectar con precisión las cualidades acústicas de un recinto para un uso determinado.



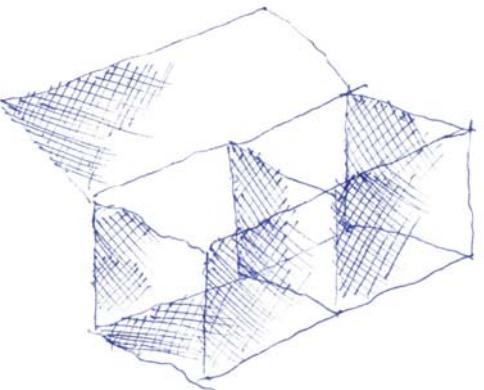
F10 Principio de flotabilidad de Arquímedes



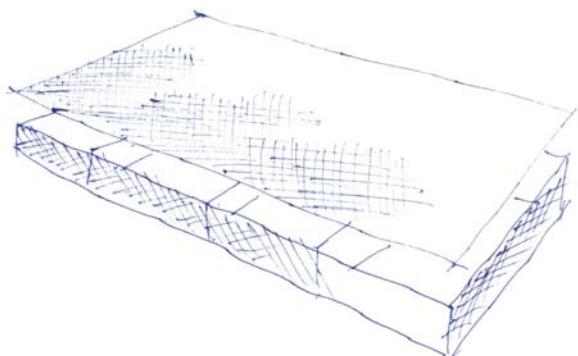
F11 Reflexión y difracción acústica



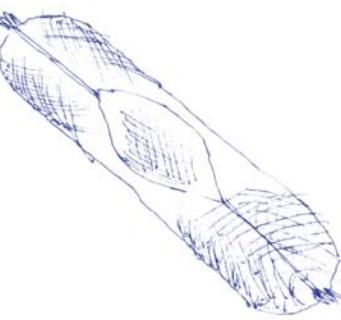
F12 Contención con gaviones



F13 Gavión tipo caja



F14 Gavión de tipo colchón de relleno



F15 Gavión de tipo saco

## SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Los antiguos romanos y griegos aprovechaban la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII. Durante la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos. Las presas y los canales eran necesarios para la instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros. La construcción de grandes presas de contención todavía no era posible; el bajo caudal de agua durante el verano y el otoño, unido a las heladas en invierno, obligaron a sustituir las ruedas hidráulicas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer de carbón.

### Gaviones <sup>F12</sup>

Desde el siglo XVI, los ingenieros utilizaban en Europa unas cestas de mimbre llenas de tierra denominadas por sus inventores italianos gabbioni, o “jaulas grandes” para fortificar los emplazamientos militares y reforzar las orillas de los ríos. Hoy, se utilizan como bloques de construcción en las estructuras hidráulicas de bajo costo y larga duración en los países en desarrollo. Actualmente un armazón de tela metálica, lleno de piedras en lugar de tierra, ha sustituido la cesta de mimbre, pero la fuerza básica de los gaviones -y sus ventajas respecto a otras estructuras rígidas utilizadas en las obras de ingeniería- es la misma. La flexibilidad intrínseca del armazón de los gaviones, sujetos a tensión y compresión alternantes, les permite trabajar sin romperse, y así se evita que pierdan su eficacia estructural. Como estructura deformable, todo cambio en su forma por hundimiento de su base o por presión interna es una característica funcional y no un defecto. Así pues, se adapta a los pequeños movimientos de la tierra y, al deformarse, conserva su solidez estructural sin fracturas. Como los gaviones se sujetan entre sí, la tela metálica resiste mucho la tensión, a diferencia del concreto. Una estructura de gaviones soporta un grado de tensión que comprometería mucho a una estructura de piedra seca y sería francamente peligrosa para el concreto y la mampostería simples. El armazón de tela metálica no es un mero recipiente para el relleno de piedras, sino un refuerzo de toda la estructura. Existen diversos tipos de gaviones, dentro de los cuales podemos considerar el gavión de caja <sup>F13</sup>, colchón de relleno <sup>F14</sup> y gavión de saco <sup>F15</sup>.

### Compuertas

Puerta móvil que se coloca en las esclusas de los canales y en los portillos de las presas de río para detener o dejar pasar las aguas. Las compuertas son equipos mecánicos utilizados para el control del flujo del agua y mantenimiento en los diferentes proyectos de ingeniería, tales como presas, canales y proyectos de irrigación. Existen diferentes tipos y pueden tener diferentes clasificaciones, según su forma, función y su movimiento. Las diferentes formas de las compuertas dependen de su aplicación,

el tipo de compuerta a utilizar dependerá principalmente del tamaño y forma del orificio, de la cabeza estática, del espacio disponible, del mecanismo de apertura y de las condiciones particulares de operación. Sus principales aplicaciones son para el control de flujos de aguas, control de inundaciones, proyectos de irrigación, crear reservas de agua, sistemas de drenaje, proyectos de aprovechamiento de suelo, plantas de tratamiento de agua e Incrementar capacidad de reserva de las presas.

### **Compuertas Planas Deslizantes F16**

Se les llama compuertas deslizantes pues para su accionar se deslizan por unos rieles guías fijos. Puede ser movida por diferentes tipos de motores. Estas compuertas pueden ser de acero estructural, madera y en caso de pequeñas cabezas de hierro, el espesor y el material de la compuerta dependerá de la presión del agua y el diseño de los sellos. Al trabajar a compresión estas compuertas tienen buenas adaptaciones a los sellos presentando pequeñas fugas. Este tipo de compuertas han sido utilizadas para todo tipo de cabezas, pero resultan ser mas económicas para pequeñas cabezas y tamaños moderados pues necesitan grandes fuerzas para ser movidas.

### **Compuertas Radiales F17**

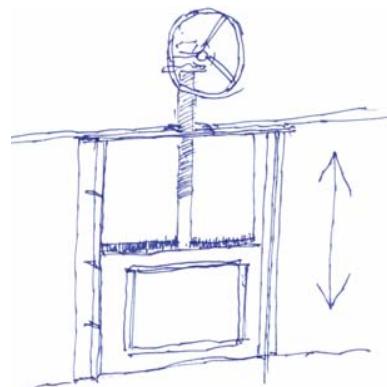
Las compuertas radiales se construyen de acero o combinando acero y madera. Constan de un segmento cilíndrico que está unido a los cojinetes de los apoyos por medio de brazos radiales. La superficie cilíndrica se hace concéntrica con los ejes de los apoyos, de manera que todo el empuje producido por el agua pasa por ellos; en esta forma sólo se necesita una pequeña cantidad de movimiento para elevar o bajar la compuerta. Las cargas que es necesario mover consisten en el peso de la compuerta, los rozamientos entre los cierres laterales, las pilas, y los rozamientos en los ejes. Con frecuencia se instalan contrapesos en las compuertas para equilibrar parcialmente su peso, lo que reduce todavía más la capacidad del mecanismo elevador. La ventaja principal de este tipo de compuertas es que la fuerza para operarlas es pequeña y facilita su operación ya sea manual o automática; lo que las hace muy versátiles.

### **Compuertas Mariposa F18**

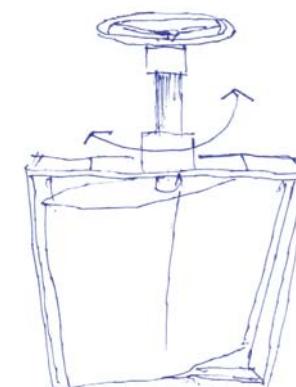
Las compuertas tipo mariposa son utilizadas para controlar el flujo de agua a través de una gran variedad de aberturas. Aunque pueden ser utilizadas para controlar el flujo en ambas direcciones la mayoría de las instalaciones sólo las utilizan para controlar el flujo en una dirección.

Con las compuertas mariposa es posible tener una máxima cabeza de energía en ambos lados de la compuerta. La cabeza estática se mide desde el eje horizontal de apertura de la compuerta. La mayoría de estas compuertas son instaladas en sitios con baja cabeza de presión (menor a 6 metros). Las secciones transversales de este tipo de compuertas normalmente son cuadradas o rectangulares; las secciones circulares no son muy comunes ya que

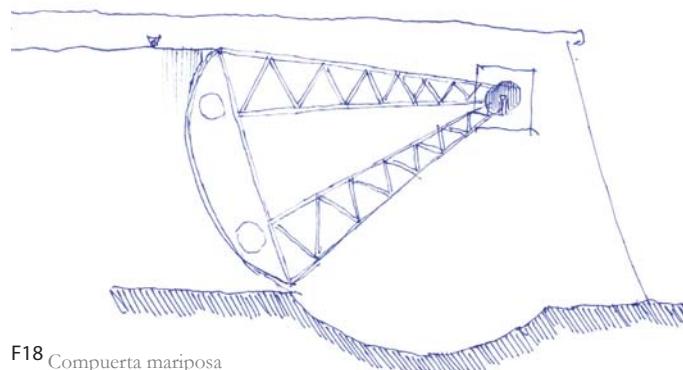
estas se utilizan en válvulas mariposa. Son ideales cuando hay poco espacio disponible ya que al girar respecto a un eje, no es necesario disponer de espacio para levantarlas y allí se puede ubicar el mecanismo de apertura. Estas pueden ser utilizadas como reguladoras de flujo, pues al rotar la hoja cambia el tamaño de la abertura y se regula el caudal que fluye a través de ella.



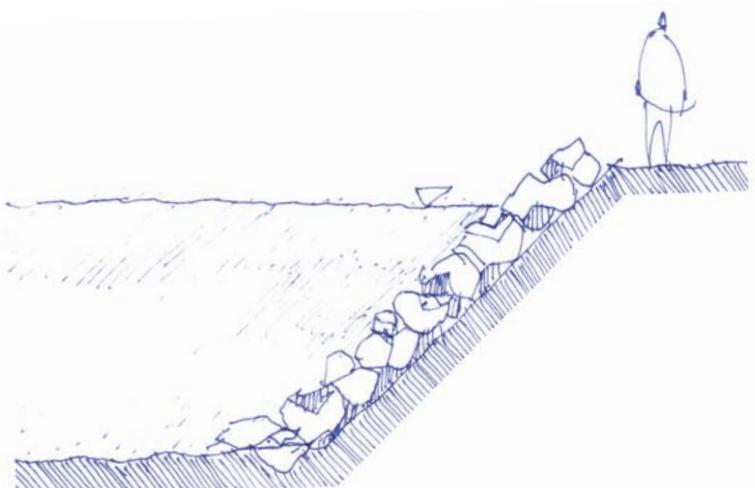
F16 Compuerta plana deslizante



F17 Compuerta radial



F18 Compuerta mariposa



F19 Muro de contención protegido con enrocado

### Enrocados F19

La protección del talud es un procedimiento que se realiza para proteger los taludes de obras de ingeniería, o taludes naturales, contra los daños causados por el escurrimiento del agua o el avatar de las ondas de un lago, río o mar contra sus márgenes. La protección de los taludes se realiza de varias formas:

Mediante la plantación de vegetales apropiadas a crecer en el agua, como por ejemplo la totora.

Recubriendo las márgenes, en la franja donde oscila el agua de un enrocado, (rocas sueltas acomodadas en forma más o menos irregular en el talud a ser protegido, sistema denominado generalmente como enrocado. Este método es muy usado en los taludes aguas arriba de las represas.

Recubriendo el talud con una placa de concreto o con un revestimiento en piedra.

El enrocado debe estar conformado por rocas sanas, duras, sólidas, durables, con un peso específico, no menor de 2.6 T/m<sup>3</sup>. No se debe usar rocas meteorizadas. El material será razonablemente bien gradado, y se procurará que cada carga de material que se coloque contenga una mezcla homogénea de roca en todo el rango de tamaños. El enrocado contendrá aproximadamente un 40% de rocas de tamaño igual al espesor teórico de la capa, un 40% de bloques de tamaño igual al 60% del espesor de la capa, un 15% de bloques menores del 60% del espesor de la capa y un 5% máximo, de arena y polvo de roca. Los taludes sobre los cuales vayan a colocarse enrocados se perfilaran, terminando en las líneas teóricas que se señalan en los planos, con una tolerancia máxima de 10 cm. Sobre los taludes perfilados se colocará el geotextil no tejido, cuando sea necesario y sobre este, se dispondrá de una cama de apoyo para las rocas, de material fino sin cantos vivos y de un espesor no superior a los 10 cm. La colocación del geotextil permite evitar la filtración de los finos del terreno que podrían dañar la integridad estructural del talud. Al colocar los enrocados, éstos quedarán del espesor final especificado, en una o dos operaciones. El enrocado colocado quedará bien gradado, con un mínimo porcentaje de vacíos y sin zonas con acumulación de piedras de tamaños pequeños o grandes.

### Suelos Flotantes F20 - F21 - F22

Al analizar este tipo de estructura dentro de tesis desarrollada con anterioridad en el Magister, damos con dos ejemplos, muelle con punto anclado y sistemas deslizantes, es este último el cual analizamos con mayor profundidad.

Estudio Geométrico de Muelle Flotante

La flotabilidad del muelle se compone de módulos de tres metros cada uno, de manera que se descomponga en unidades geométricas independientes, de modo que en su transformación lineal y vertical recoja y acote los diferentes niveles de marea, adecuándose a cualquier pendiente de playa, donde los pilares toman la altura media entre el suelo y la más alta marea, en playas con mucha pendiente

se acortan los módulos, para lograr igual variación en menor distancia. Al estar sometida a baja marea se tiene lo lineal del muelle, esta vez escalonado, según la pendiente del terreno. Del mismo modo que en pleamar, solo que lo lineal del muelle está condicionado por la horizontalidad del agua sobre la que flota.

#### Anillo cuadrado con rodillos

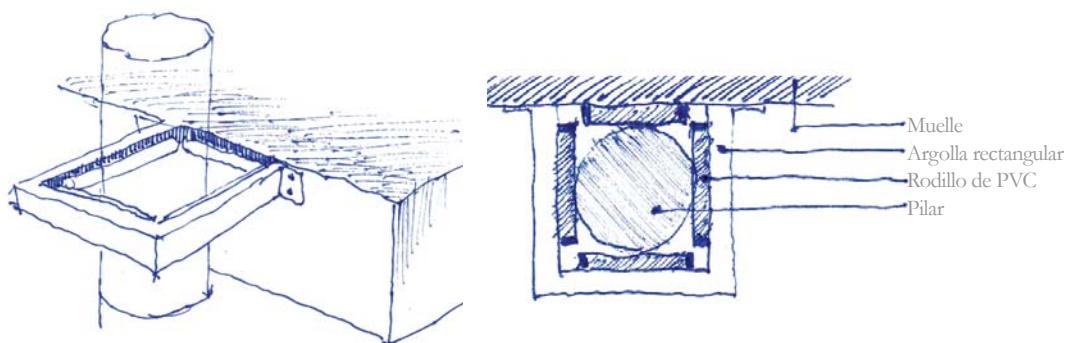
Marina Reloncaví, Canal Tenglo, P. Montt

La estructura de los muelles se deslizan verticalmente por los pilotes que hacen de guías, por medio de un anillo metálico de forma cuadrada, en torno al cual, internamente se disponen cilindros de goma rotatorios, de modo disminuir el roce deslizante, transformándolo en un roce rodante.

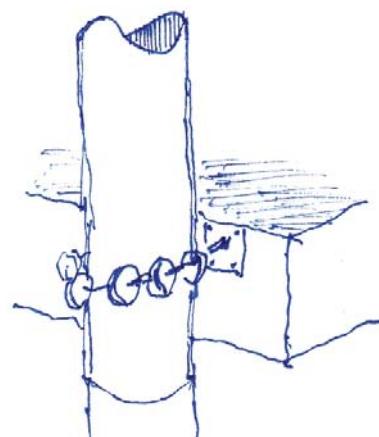
Existen diversos tipos y diseños de cilindros, tamaños y materialidades, según sean los requerimientos de muelles. Otro sistema visto en clases fue el de un anillo de cable metálico, en el cual se disponen pelotas perforadas, las que al ser solicitadas por los desplazamientos del muelle, giran sobre la superficie curva del pilar, en un desplazamiento vertical.

#### Sistemas de deslizadores ajustables

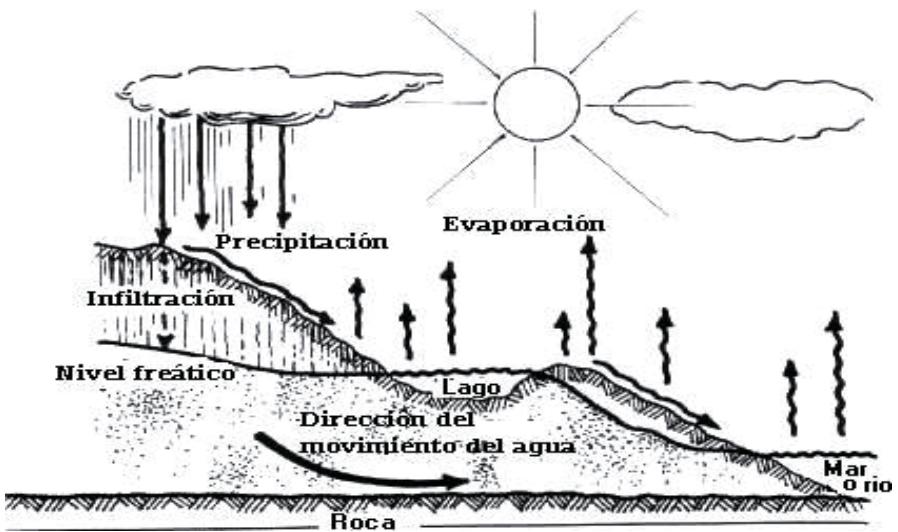
En muelles recreacionales, dispuestos en los lugares que tienen poca diferencia en los cambios de niveles del agua, la industria ofrece soluciones en diversos diseños y materiales, ajustables y de fácil instalación. El montaje y fijación de los muelles a los pilares, está determinado por un sistema modular, con una serie de sistemas de ajustes y tolerancias, según requerimientos y rangos de desplazamiento de la superficies del muelles, en relación al diámetro de los pilotes.



F20 - F21 Anillo metálico, torno al cual se disponen cilindros rotatorios



F22 Cable metálico, en el cual se disponen pelotas perforadas, las que giran al ser solicitadas



F23 Diagrama del ciclo hídrico

## DINÁMICA Y SEDIMENTACIÓN FLUVIAL

### Formas Fluviales

#### Arroyo

Es una corriente natural de agua que normalmente fluye con continuidad, pero que, a diferencia de un río, tiene escaso caudal, que puede incluso desaparecer durante el estiaje.

#### Barra

Formación de tierra en un cuerpo de agua. Las barras tienden a ser largas y lineales y es muy usual que se desarrollen en zonas donde se deposita grava o arena en aguas poco profundas y aparecen en ríos, lagos y mares.

#### Barranco

Es un cauce excavado por el agua de escorrentía superficial concentrada (torrente).

#### Brazo muerto

Es un pequeño lago en forma de U que se forma en la curva de un meandro abandonado de un canal fluvial.

#### Cañón

Accidente geográfico provocado por un río que a través de un proceso de epigénesis excava en terrenos sedimentarios una profunda hendidura de paredes casi verticales.

#### Cascada

Es un lugar donde el agua fluye rápidamente perdiendo elevación mientras discurre por una región con fuerte desnivel o por un acantilado.

#### Confluencia

Es la reunión en uno solo de dos o más cursos de agua, glaciares, o corrientes marinas, así como el punto donde esto ocurre.

#### Cuenca

Corresponde al territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

#### Delta fluvial

Territorio triangular formado en la desembocadura de un río, mediante sedimentos que se depositan a medida que la corriente del río va desapareciendo.

### Isla fluvial

Es cualquier masa de tierra o isla localizada en medio de un curso fluvial (río, arroyo, etc.).

### Meandro

Es una curva descrita por el curso de un río cuya sinuosidad es pronunciada.

### Naciente

Es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal.

### Río

Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad.

### Terreno inundable

Es un terreno plano o un poco ondulado adyacente a un río o arroyo que experimenta inundaciones ocasionales o periódicas.

### Terraza aluvial

Constituyen pequeñas plataformas sedimentarias o mesas construidas en un valle fluvial por los propios sedimentos del río que se depositan a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente del mismo se hace menor, con lo que su capacidad de arrastre también se hace menor.

### Valle

Depresión de la superficie terrestre, entre dos vertientes, de forma alargada e inclinada hacia un lago, mar o cuenca endorreica, por donde habitualmente discurren las aguas de un río.

### Ciclo Hídrico <sup>F23</sup>

El ciclo hídrico o ciclo del agua corresponde al proceso por el cual el agua pasa de la litósfera a la hidrosfera, de esta a la atmósfera y de la atmósfera a la litósfera nuevamente; pasando así por los tres estados físicos. Los procesos por los cuales el agua realiza este ciclo son: Evaporación, Condensación, Precipitación, Infiltración, Escorrentía, Circulación subterránea, Fusión, Solidificación.

El proceso que en la dinámica fluvial nos atañe, corresponde a la escorrentería: Este término se refiere a los diversos medios por los que el agua líquida se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno. La escorrentía es el principal agente geológico de erosión y de transporte de sedimentos.

### Trazado del sistema fluvial <sup>F24</sup>

El trazado de un cauce fluvial se refiere a la forma de la trayectoria que desarrolla el río en su recorrido. La diferente sinuosidad estimada como el cociente entre la longitud del río y la longitud del valle en un determinado tramo permiten diferenciar tres tipos de trazados:

#### Trazado recto (1):

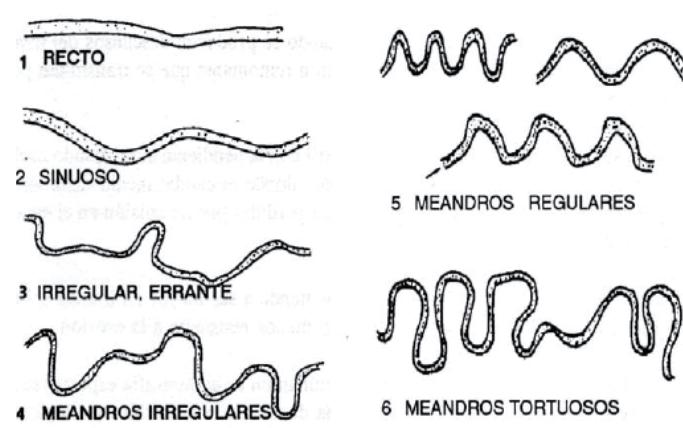
Con coeficientes de sinuosidad inferiores a 1.5 donde no se aprecian curvas en el cauce, si bien la línea del thalweg se desplaza alternativamente de una orilla a la otra haciéndose más visibles en aguas bajas.

#### Trazado meandriforme (2-6):

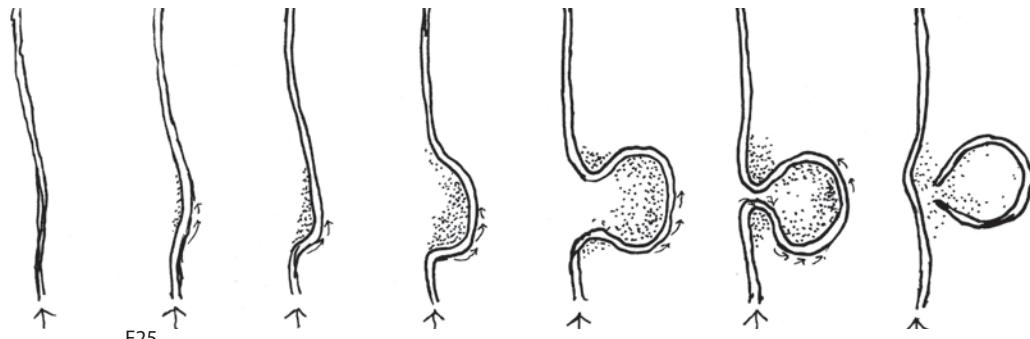
Coeficiente de sinuosidad superior a 1.5 debido a las curvas que desarrolla el cauce desplazándose en sentido transversal del valle. El tipo de curvas puede ser muy diferente de unos ríos a otros pudiéndose diferenciar en subtipos como los que se representan en la imagen a la izquierda.

#### Trazado trenzado:

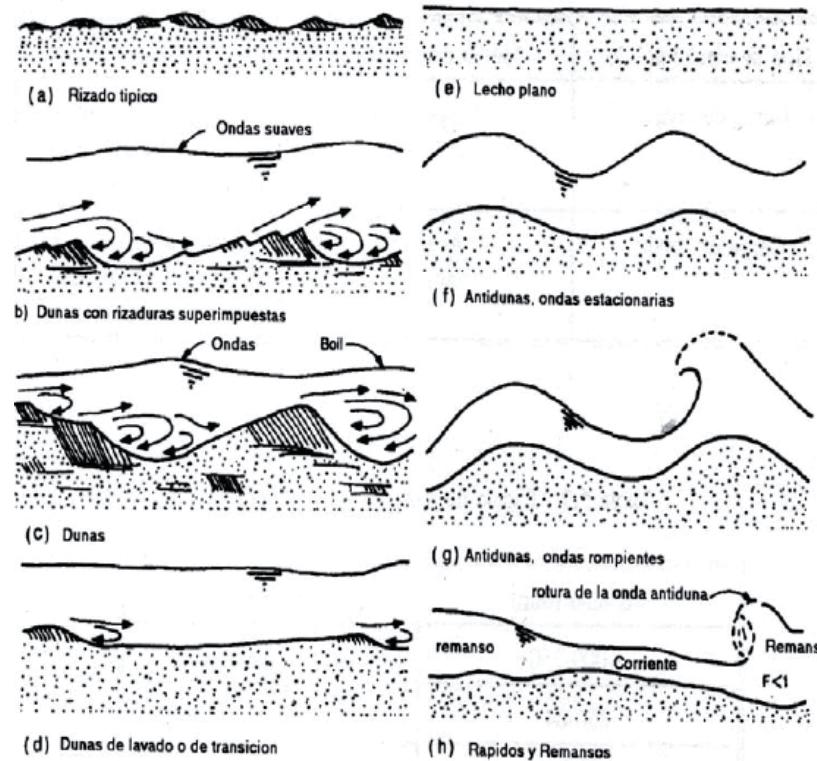
Se desarrolla en tramos de mayor pendiente o cuando la carga sólida es elevada y se caracteriza por la formación de un curso de agua ancho y poco profundo que se divide en varios brazos dejando islas intercaladas uniéndose aguas abajo y volviéndose a separar a modo de trenzas.



F24 Tipos de trazados de ríos: rectos, meandriformes y trenzados.



F25 Diagrama con el ciclo de vida de un meandro



F26 Formas de lecho del río con su influencia en el flujo del agua.

## Elementos constituyentes y característicos de un trazado de río

### Meandros F<sup>25</sup>

Los meandros se forman con mayor facilidad en los ríos de las llanuras aluviales con pendiente muy escasa, dado que los sedimentos suelen depositarse en la parte convexa del meandro, mientras que en la cóncava, debido a la fuerza centrífuga, predomina la erosión y el retroceso de la orilla.

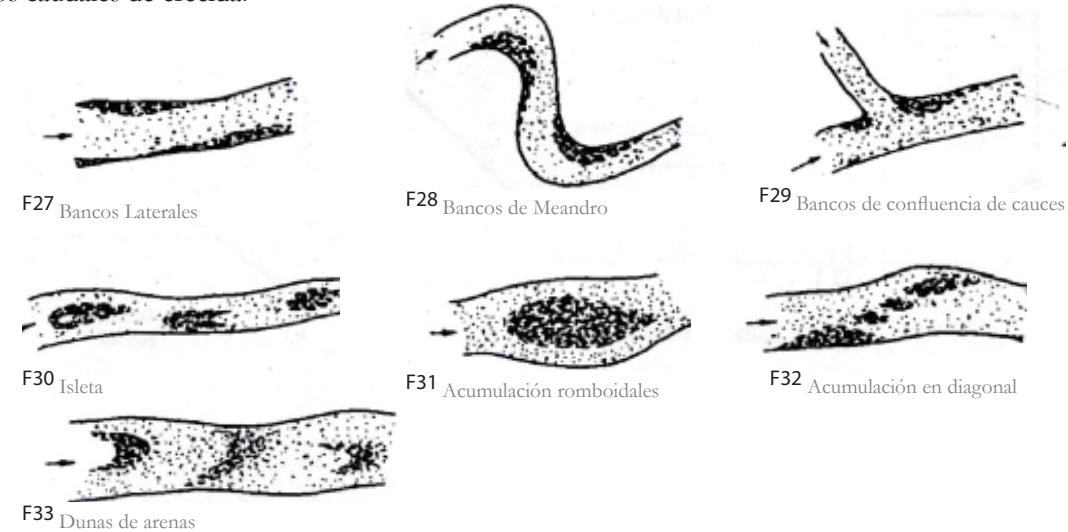
### Forma del lecho del río F<sup>26</sup>

Los sucesivos y continuos procesos de erosión y sedimentación dan lugar a diferentes formas del lecho con una redistribución de partículas formando acumulaciones más o menos regulares. En tramos o ríos arenosos se desarrollan las denominadas rizaduras, dunas, lecho liso o antidunas, en función del tipo de régimen de los caudales.

La aparición de estas formas del lecho tiene una significación especial en la rugosidad o resistencia que ofrece al paso de las aguas, factor que determinante del coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ).

### Rápidos y Remansos a partir de embancamientos F<sup>27 - F28 - F29 - F30 - F31 - F32 - F33</sup>

En tramos o ríos de granulometría más gruesa, se forman barras de sedimentación a un lado y otro de los meandros, o también acumulaciones dentro del cauce formando secuencias de rápidos y remansos que son muy evidentes durante los caudales bajos quedando parcial o totalmente cubiertas por los caudales de crecida.

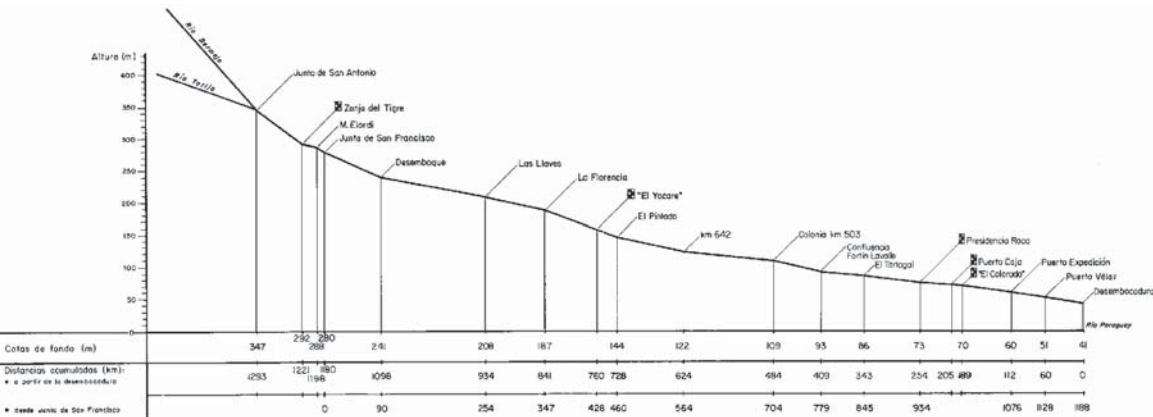


### Perfil Longitudinal <sup>F34</sup>

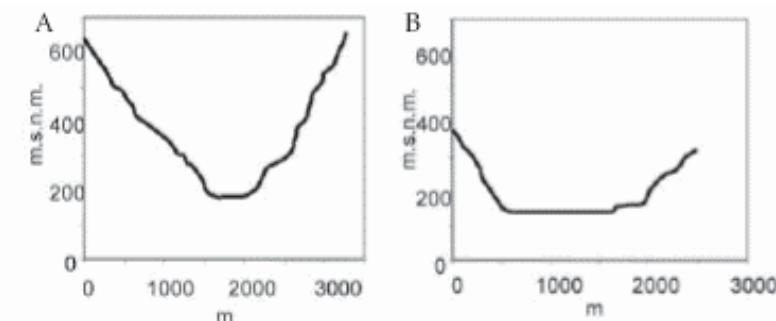
Concepto que refleja gráficamente la capacidad erosiva de un río en sus partes principales (superior, media e inferior) a través del estudio de la pendiente del propio río. Indica la relación entre la distancia recorrida por un río desde su nacimiento y la altura relativa de cada punto de dicho perfil. Se mide sobre el thalweg o vaguada (es la línea que marca la parte más honda de un valle, y es el camino por el que discurren las aguas de las corrientes naturales) de un río o valle, es decir, sobre la línea que recorre los puntos más bajos del cauce de ese río o del fondo del valle o cauces secos.

### Perfil Transversal <sup>F35</sup>

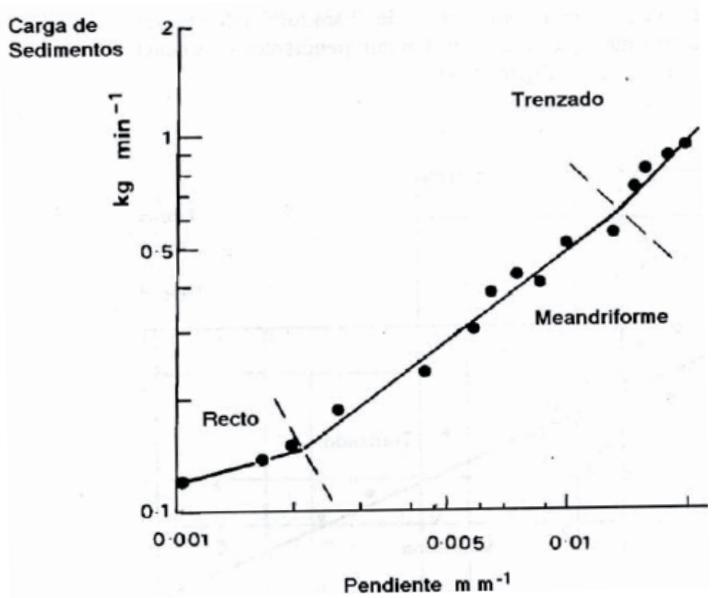
El perfil transversal típico del cauce de un río forma una depresión cóncava con la parte más profunda donde la corriente del río es más fuerte: si el tramo donde se mueve el río es recto, la parte más profunda tenderá a quedar en la parte central de la corriente. Sin embargo, esta situación o concepción teórica sólo se presenta en condiciones ideales que suelen modificarse por numerosos factores como son, principalmente: la pendiente y el caudal (para alcanzar una mejor expresividad de la sección transversal del río, se trabaja en distintas escalas vertical y horizontal).



F34 Perfil longitudinal del río Bermejo en Bolivia y Argentina



F35 Perfiles transversales del río Lasifashaj, en la patagonia Argentina



F36 Transporte de sedimentos según la forma y pendiente del río

### Transporte de sedimentos

El transporte de los sedimentos erosionados, puede ser determinado conociendo, la velocidad de asentamiento de las partículas y aplicando las leyes de movimiento de los fluidos. La velocidad de asentamiento se determina por la Ley de Stokes, que señala que una esfera de diámetro cualquiera  $d$  y de densidad dada, al estar en el agua, es atraída hacia abajo con una fuerza que depende del volumen de la partícula, de la aceleración de la gravedad, la viscosidad del fluido y de la diferencia entre la densidad de la partícula y la del fluido (estas ultimas cuatro variables agrupadas en la constante  $C_1$ ).

$$V = C_1 d^2$$

Otro factor importante en el transporte de sedimentos es la caracterización del tipo de flujo, esto depende de la velocidad, viscosidad y densidad del fluido, así como del diámetro del canal que lo contiene. El número de Reynolds es un parámetro a-dimensional que permite distinguir estos flujos:  $Rd < 2000$  corresponde a un flujo laminar,  $Rd > 4000$  corresponde a un flujo turbulento.

$$Rd = VD\varrho / \mu$$

El movimiento de las partículas tiene su inicio en las corrientes, cuando el arrastre del fluido en movimiento vence a las fuerzas gravitacionales y cohesivas que actúan sobre las mismas. La partícula desplazada rueda así junto con el fluido, o si la fluctuación vertical momentánea de la velocidad es mayor que su velocidad de deposición, la partícula es impulsada hacia arriba en suspensión. Esto implica que las partículas pequeñas son puestas en movimiento más fácilmente que las grandes por ofrecer menor resistencia a las fuerzas<sup>F36</sup>.

Las partículas mayores de aproximadamente 0.2 mm actúan como obstáculos individuales en el fondo de la corriente y forman remolinos. Mientras continúa la partícula dando origen a dichos remolinos, concentra sobre sí misma fuerzas que de otra manera estarían distribuidas sobre un área mayor del fondo de la corriente. Cuando tales fuerzas sobrepasan a un valor crítico, la partícula es puesta en movimiento a lo largo del lecho de la corriente, o arrastrada en suspensión.

Si las partículas son demasiado pequeñas para formar remolinos, las fuerzas del fluido se aplican al lecho de la corriente en conjunto. Se origina así una situación paradójica, en que las partículas individuales grandes pueden ser movidas por velocidades que no perturban a un lecho de material más fino. Se requieren condiciones de creciente vigor para iniciar el movimiento en los lechos de material fino, tanto por la ausencia de fuerzas concentradas sobre las partículas individuales, como por la cre-

ciente cohesividad del limo y la arcilla finos. Existen tres formas de transporte de sedimentos: tracción o arrastre, saltación o suspensión:

#### Tracción <sup>F37</sup>

Las esferas ruedan con mayor facilidad y se adelantan a las partículas de menor esfericidad, de un tamaño y densidad dados. A medida que las partículas ruedan y se deslizan a lo largo del fondo, sus aristas desaparecen por desprendimiento o por abrasión, y la redondez de las partículas aumenta muy rápidamente durante las primeras etapas del transporte (origen de los cantes rodados).

#### Saltación <sup>F38</sup>

El movimiento de saltación puede ser considerado como una fase intermedia entre el transporte de tracción y el de suspensión. Las partículas que no son suficientemente grandes para mantenerse en tracción sobre el lecho de la corriente, ni suficientemente pequeñas para ser arrastradas en suspensión real, pueden ser levantadas momentáneamente sobre el fondo y adquirir la velocidad de la corriente, moviéndose hacia delante en una serie de saltos o avances.

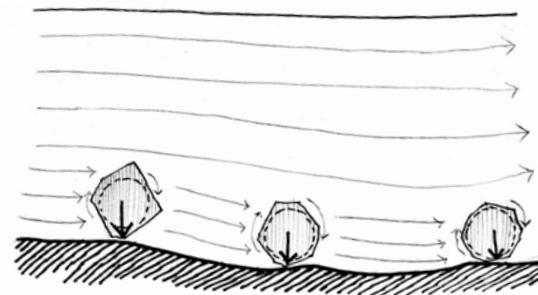
#### Suspensión <sup>F39</sup>

Este transporte de suspensión ocurre cuando la intensidad de la turbulencia es mayor que la velocidad de deposición de las partículas puestas en movimiento por las fuerzas de elevación y arrastre. Las partículas del lecho de una corriente varían en tamaño, forma y densidad, y las más pequeñas, menos esféricas y menos densas de estas partículas son levantadas y llevadas en suspensión.

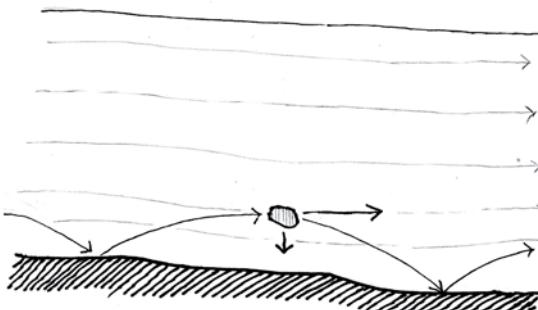
Aunque las partículas muy pequeñas son más difíciles de desagregar que los granos de arena fina, el movimiento de las partículas grandes a lo largo del lecho, disloca comúnmente a las partículas más finas y estas se unen a la carga que va en suspensión.

#### Deposición

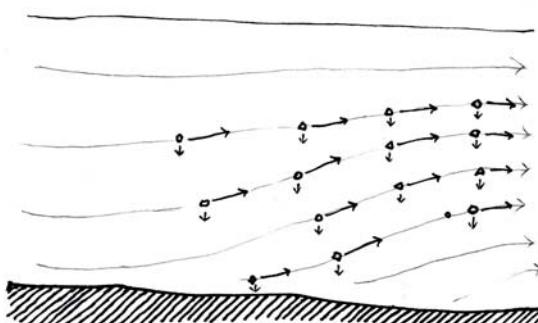
La deposición ocurre cuando disminuye la intensidad y la escala de turbulencia. Una disminución en la intensidad de la turbulencia significa que el gradiente de concentración pierde su equilibrio a favor de las partículas que se asientan y en contra de las partículas que se elevan. Por tanto, se alcanza un nuevo estado de equilibrio, al cambiar el gradiente de concentración en forma proporcional a la cantidad de material separado de la corriente. La intensidad de la turbulencia disminuye cuando disminuye la velocidad media de la corriente, lo cual da origen a la deposición en las partes más quietas de los canales de corriente.



F37 Transporte de sedimentos por tracción



F38 Transporte de sedimentos por saltación



F39 Transporte de sedimentos por suspensión



Taxa	Zona	Características
Alfisoles	Se presentan en sectores costeros	Suelos con buen grado de evolución. En la vertiente poniente de la Cordillera de la Costa estos suelos se han desarrollado directamente a partir de roca granítica, presentando un fuerte incremento del contenido de arcilla en profundidad.
Inceptisoles	Situados preferentemente en la costa	Suelos de desarrollo incipiente que forman inclusiones en toda la región V, generalmente son derivados de terrazas marinas altas y de relieve plano a ligeramente inclinado, de colores pardo rojizos.
Mollisoles	Ubicados en el valle central	Suelos aluviales, en la zona que comprende a la región de Valparaíso alcanzan un desarrollo moderado. Cabe mencionar que sobre estos suelos se desarrolla la mayor parte de la agricultura de riego de la zona.

F40 Tipos de suelos en la cuenca del Aconcagua

## CARACTERIZACIÓN DEL RÍO ACONCAGUA

### Características generales

La hoya del río Aconcagua se desarrolla en el extremo sur de la zona de los Valles Transversales o Semiárida, en la V Región de Valparaíso. Su extensión alcanza a 7.340 km<sup>2</sup>, y su rumbo general es de E a W.

### Origen de sus aguas

El régimen del río Aconcagua es nivo - pluvial, ya que en la parte alta de su cuenca, donde están sus ríos tributarios de alta cordillera Colorado, Juncal y Blanco, presenta un régimen nival; en cambio en la parte baja de la cuenca comienza a tomar importancia la influencia pluvial.

### Geomorfología

El río Aconcagua escurre por el último de los valles que conforman la zona de los Valles Transversales, y está separado del Núcleo o Valle Central por el Cordón de Chacabuco.

### Clima

Los climas que se distinguen en la cuenca del Río Aconcagua corresponden a los climas: Templado de tipo Mediterráneo con estación seca prolongada y Frío de altura en la Cordillera de los Andes.

### Hidrogeología

Los acuíferos subterráneos se ubican solamente alrededor del cauce del río Aconcagua y Putaendo. El resto de la cuenca no presenta este tipo de formaciones ya que la permeabilidad en esta zona es nula o muy baja.

### Características del suelo

Como se muestra en la imagen: "Geología de la cuenca del Aconcagua en sector de Quillota", la mayoría de los suelos del valle corresponden a relleno fluvial, es decir: depósitos de los sedimentos que ha ido trayendo el río desde su formación y que ha ido dejando en el valle horadado.

### Suelos de la cuenca

La cuenca del río Aconcagua posee unidades taxonómicas características de la V Región de Valparaíso y corresponden básicamente a suelos anfisoles, inceptisoles y mollisoles.

## **Lecho del río**

Los suelos o depósitos fluviales que cubren la caja del río corresponden a gravas arenosas limpias, de cantes subredondeados, mal graduadas, con tamaño máximo del orden de las 7 pulgadas. Los ensayos de laboratorio efectuado muestran a estos suelos con una escasa proporción de material entre los tamaños 3/8" y malla 30 (0.595 mm), lo que deja a su fracción arenosa formada casi en su totalidad por arenas finas (o de estuco). De acuerdo con las características del lecho del río, se obtienen los valores de coeficiente de rugosidad de Manning:

Caucos principales n = 0.040 / Cauces de inundación n = 0.075

## **Arrastre de sedimentos**

El río Aconcagua, especialmente en época de deshielo, posee abundante material sólido en suspensión en las aguas. Las cuales, ante bajas velocidades de escurrimiento se van depositando en el lecho o en posibles intervenciones.

Para el cálculo del proyecto “Estanque Recreacional de Quillota” se calculó un depósito sedimentario medido de octubre de 1963 a marzo de 1964 de 114.763 toneladas. Este sedimento correspondería a arenas, limos y arcillas, con un peso específico estimado de 1 ton/m<sup>3</sup>.



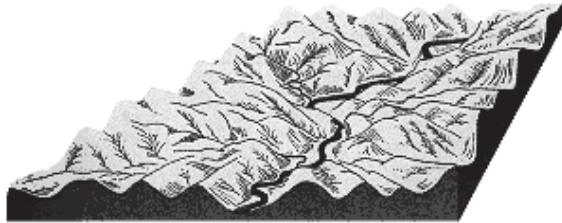
F41 Aconcagua en sector Portillo (curso superior)



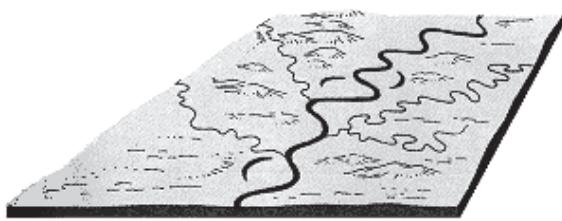
F42 Aconcagua en sector Catemu (curso medio)



F43 Aconcagua en sector Quillota (curso bajo)



F44 Río joven: el agua se abre paso por entre las formaciones geológicas, erosionándolas y definiendo la línea de Thalweg desde esta lógica.



F45 Río maduro: El intemperismo y la sedimentación fluvial conforman la cuenca del río. La línea thalweg se va modificando paulatinamente con el ciclo de vida de los Meandros.



F46 Río viejo: Allanamiento total de la cuenca fluvial, conformación de vegas y sectores fácilmente inundables.

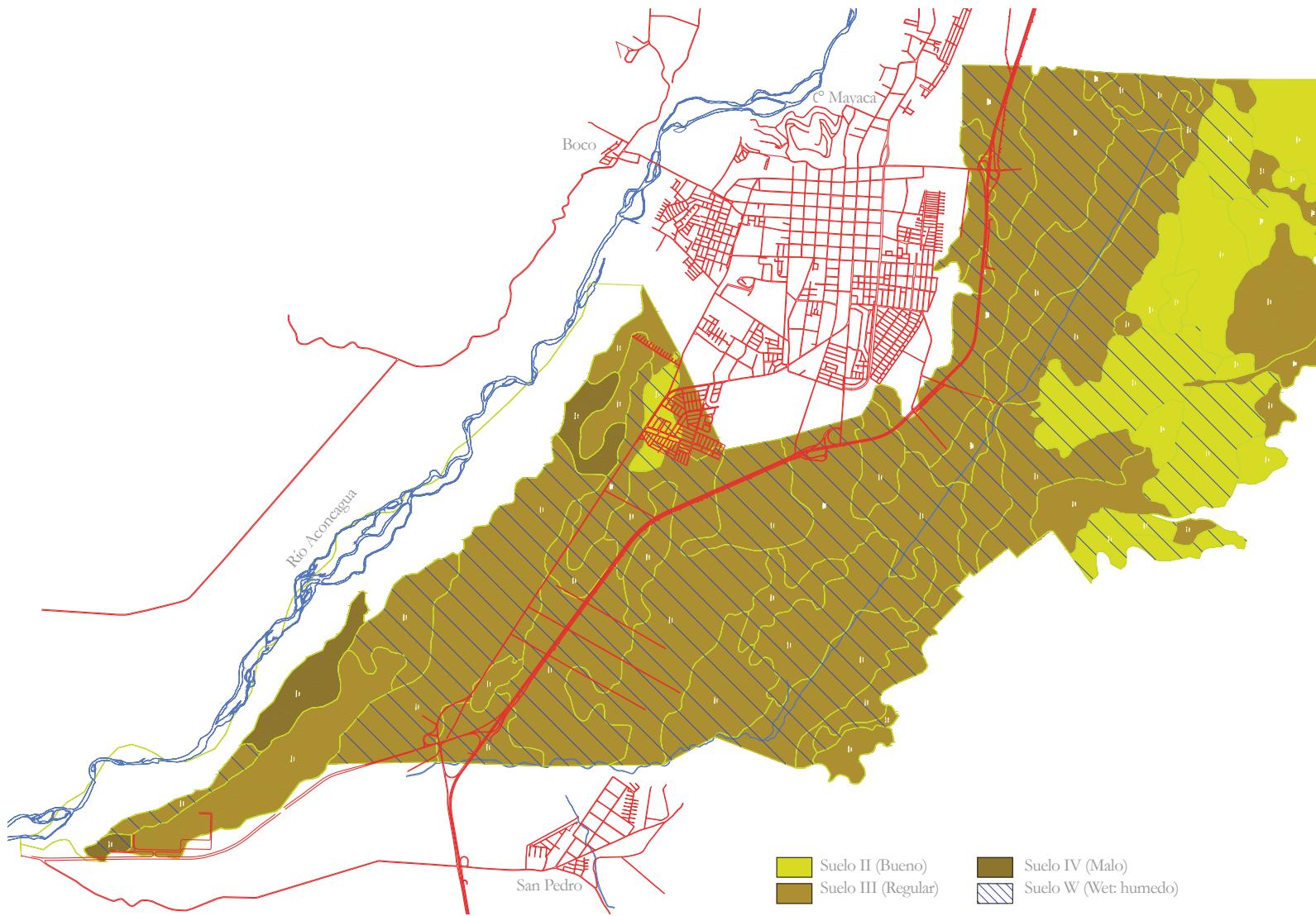
## ASENTAMIENTOS Y TERRAZAS ALUVIALES

Desde el punto de vista político - administrativo, la cuenca del río Aconcagua forma parte de la V Región abarcando parcialmente las provincias de Quillota, San Felipe, Aconcagua, Los Andes y Valparaíso. La cuenca tiene una superficie de 733.872 Ha, equivalentes al 45 % de la Región de Valparaíso.

Es en el tercer sector o curso bajo del río Aconcagua, comprendido desde Llay-Llay hasta la desembocadura del río, es donde el valle adquiere sus más anchas dimensiones, por los procesos naturales de arrastre de sedimentos y disminución de las pendientes en los perfiles longitudinales, se conforman grandes terrazas aluviales, no existentes en el curso superior y medio del río, en donde el cauce es más inclinado y profundo.

Las terrazas aluviales son formaciones que, por la calidad de su suelo: Mollisoles, permiten la explotación agrícola: principal motor de los asentamientos humanos tanto pre como pos-colombinos. Desde esta perspectiva, no sorprende que la densidad poblacional sea mayor en el curso bajo del Aconcagua, pues la roca madre de los suelos ha sido socavada, allanada y recubierta por este relleno fluvial, rico en limo (sedimento clástico que va de los 0,002 a 0,06 mm y que es particularmente fértil).

Otro caso distinto es el del curso medio y superior del Aconcagua, en donde los asentamientos son mucho más concentrados y distantes, y el curso fluvial realiza un socavamiento mucho más vertical que horizontal, razón por la cual predominan otro tipo de economías extractivas, como son la minería y sus procesos derivados.



**F47** Tipos de suelo agrícola en los alrededores de Quillota. Fuente: Servicio Agrícola Ganadero (SAG) de Quillota.



F48 Andesita



F49 Basalto



F50 Granito



F51 Conglomerado



F52 Sedimentarias



F53 Mármol



F54 Cuarzo

## GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL ACONCAGUA

### Geología en general

Las rocas que afloran en la superficie de la tierra se clasifican principalmente en 3 tipos: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas son aquellas que provienen directamente del magma terrestre y a su vez se subclasifican en relación a la profundidad donde se han litificado (solidificado).

Las rocas sedimentarias son rocas producto de la erosión de rocas preexistentes; esta erosión genera sedimentos que luego se depositan y vuelven a litificarse bajo condiciones de alta presión; la subclasi-ficación de estas rocas se relaciona principalmente con el origen y tamaño de los sedimentos.

Las rocas metamórficas son rocas producto de la deformación de rocas ígneas o sedimentarias, de-formación que ocurre bajo condiciones de alta temperatura y presión.

### Rocas ígneas F48-F49-F50

En un marco general se puede clasificar estas rocas en 3 tipos: plutónicas, hipabisales y extrusivas. Las rocas plutónicas e hipabisales son denominadas también “rocas intrusivas” mientras que de manera genérica, se llama “rocas volcánicas” a rocas cuyo origen es la actividad volcánica.

Las rocas plutónicas son rocas que se litifican a grandes profundidades dentro de la corteza terrestre y se caracterizan por ser una roca compuesta por minerales bien cristalizados y de tamaños apreciables a simple vista. La subclasificación de estas rocas se realiza según su naturaleza química. Algunas de estas rocas son: granitos, dioritas, monzonitas, sienitas, tonalitas, entre otras.



Las rocas hipabisales corresponden a rocas que se litificaron a una profundidad menor que las plutónicas, cercano a la subsuperficie del a tierra y se caracterizan por tener sólo algunos minerales bien cristalizados; el resto de la roca esta compuesto por una masa de cristales no visibles a simple vista. Algunas de estas rocas son: andesitas, dacitas, basaltos, entre otras.

Las rocas extrusivas corresponden a las rocas que se han generado tras la actividad volcánica, tales como flujos de lava y/o ceniza. Algunas denominaciones a estos tipos de roca son: lavas, rocas piroclásticas, ignimbritas, entre otras.

#### Rocas sedimentarias F51-F52

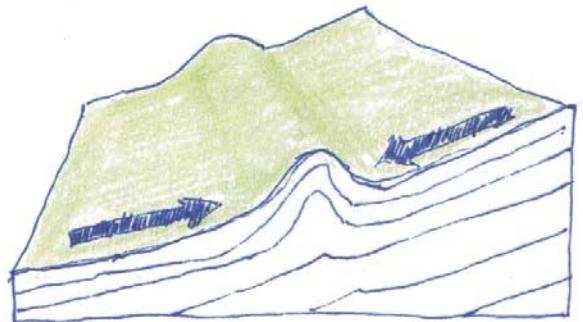
Este tipo de rocas se clasifican en dos grandes grupos: uno de estos grupos son aquellas rocas que provienen directamente de la erosión y deposición de otras rocas y el otro grupo lo conforman las rocas evaporíticas, que se refiere a aquellas que son producto de sedimentos o minerales que se depositan y solidifican tras un proceso de evaporación del medio donde se encuentran (calizas, dolomitas, etc.) Las rocas provenientes de la erosión de otras rocas, se clasifican principalmente por el tamaño de los sedimentos que la conforman; algunos ejemplos de estas rocas son: areniscas, conglomerados, lutitas, entre otras. Otra información importante para la clasificación de estas rocas es el medio donde se generaron, continental, lacustre, marino o transicional (dos ambientes).

#### Rocas metamórficas F53-F54

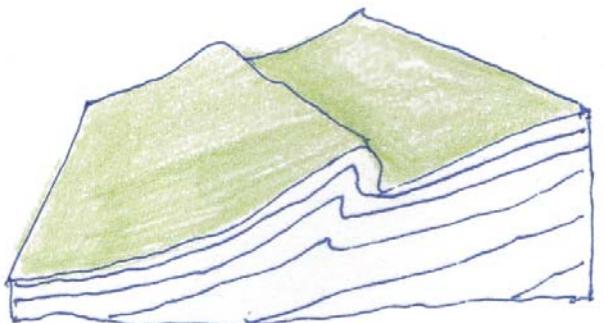
Las rocas metamórficas son producto de la deformación de otras rocas, a causa de condiciones de alta presión y temperatura. Bajo estas condiciones, los minerales que forman las rocas, se convierten en otros minerales y las texturas originales de la roca también cambian a otro tipo de texturas, propias de las rocas metamórficas que muchas veces dicen relación con la dirección y sentido de las presiones a la cual fue sometida la roca.

Toda roca no sólo se clasifica por su origen de formación, sino que también es imprescindible considerar el momento tiempo en el que se creo

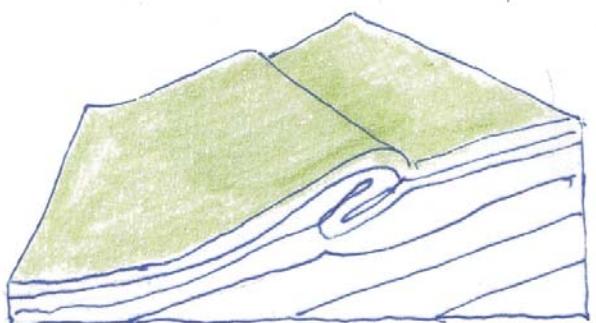
F55 Litología tradicional para comprender el desarrollo de la tierra y con ello el de la cuenca del Aconcagua



F56 Anticlinal



F57 Cabalgante 1



F58 Cabalgante 2

## ESTRUCTURA TECTÓNICA

Los términos “estructura” y “tectónica” se refieren a las características geológico-estructurales determinadas de una zona de interés. Las fuerzas compresivas y/o extensivas de la corteza terrestre generan fallas y plegamientos que afectan directamente a las rocas. Las fallas corresponden a una deformación frágil de las rocas, es decir, estas se “quiebran” y se desplazan los bloques entre si, mientras que los pliegues corresponden a deformación dúctil, donde las rocas se doblan sin llegar a quebrarse. La configuración de estos esfuerzos de la corteza y sus implicancias en un determinado lugar será la “tectónica” y las familias de fallas serán las “estructuras”; estas familias de fallas pueden definirse como “Dominios Estructurales”.

En la zona del Aconcagua se pueden definir grandes Dominios Estructurales, los que se separan por límites morfológicos y geológicos. Los límites morfológicos se refieren a las formas de la geografía (planicies litorales, cordilleras, valles, etc.) mientras que los límites geológicos se refieren a límites como fallas y/o contacto entre dos tipos distintos de litología (o Formaciones).

Se pueden resumir dos tipos de esfuerzos: compresivos y extensivos. El primero corresponde a dos fuerzas que, en el mismo sentido de dirección, chocan entre sí, lo que genera fallas y alzamientos del terreno, denominados “horst”. En el segundo caso, un esfuerzo extensivo se refiere a dos fuerzas en la misma dirección pero que se alejan entre sí, generando fallas y depresiones en el terreno denominados “graben”

Estos dos tipos de esfuerzo generan también plegamientos y fallas de rumbo (desplazamiento en dirección horizontal) según el ángulo de incidencia de los esfuerzos sobre las rocas.

### Dominio Costero

Está compuesto por terrenos del Mesozoico Inferior-Medio y por rocas intrusivas del Paleozoico Superior en su extremo sur (Concón), intruídas por los granitoides de la franja Jurásica.

Este dominio coincide bastante bien con las Planicies Litorales y con la mayor parte de la Cordillera de la Costa. Su límite occidental lo constituye la línea de costa y el oriental se puede ubicar en el sector de los esteros Rabuco y Los Litres. En general se trata de un ambiente tectónico con importante deformación; esto se refiere a un ambiente donde los esfuerzos de la corteza han afectado fuertemente la zona generando numerosas fallas y pliegues.

En este dominio se puede distinguir un ambiente tectónico sometido a deformación compresiva que habría generado accidentes de rumbo de dirección predominante Nororiente.

### Dominio Central

Corresponde a una zona ubicada entre borde oriental de la cordillera de la Costa y a la traza de la falla Pocuro (que pasa entre Los Andes y donde comienza el río Putaendo). Geológicamente corresponde a rocas sedimentarias de las formaciones Cretácicas Lo Prado, Veta Negra, Las Chilcas y mitad occidental de la Formación Salamanca (Cretácico Superior), que han sido intruídas por granitoides del Cretácico y Paleógeno, respectivamente.

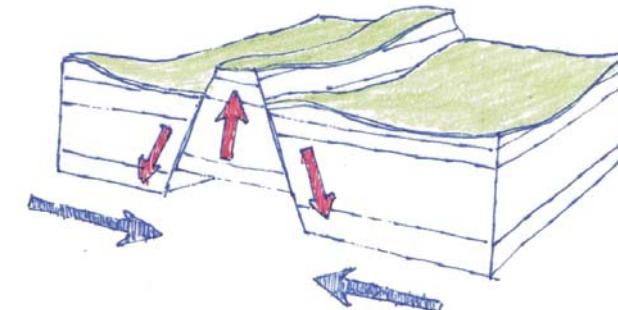
En general, se trata de una zona de deformación suave y limitada a suaves pliegues que afectan a las rocas volcánicas y favorece el desarrollo de fallas de extensión y localmente, de pilares o “horst” en compresión que originan en sus bordes fallas inversas y cabalgamientos locales.

Tiene como rasgo esencial, la existencia de un estilo de plegamiento suave y amplio de varios centenares de metros o de kilómetros de radio de curvatura. Este estilo da origen a relieves monoclinales hacia el este, en la parte occidental del dominio, y a relieves subhorizontales en su mitad oriental. Característicamente este dominio muestra una estructura relativamente simple, controlada en gran parte por la existencia de grandes masas batolíticas que otorgan una resistencia natural a los eventos deformativos; por otra parte, la escasez y poca potencia de los niveles sedimentarios poco competentes, coopera para reducir la deformación a manifestaciones discretas y reducidas a las zonas focales de la deformación.

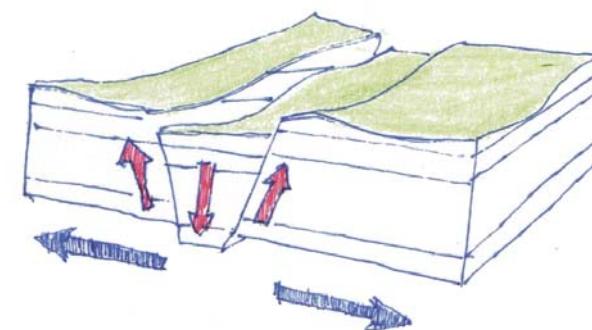
### Dominio Cordillerano

Este dominio corresponde a todo el flanco occidental de la Cordillera Principal y representa un gran apilamiento tectónico compresivo marcado por un importante fallamiento inverso hacia el este. El límite oriental de este Dominio traspasa la frontera chilenoargentina ubicándose con seguridad en el frente oriental de la Cordillera Principal, en el límite con la Cordillera Frontal.

Las estructuras principales corresponden, en general, a deformaciones compresivas que, a nivel local, han originado pliegues y fallas inversas, de alto ángulo y secundariamente, fallas inversas de vergencia este y de más bajo ángulo.



F59 Esfuerzo compresivo



F60 Esfuerzo extensivo

## SISTEMA DE FALLAS

En toda la extensión del Valle del Aconcagua, es posible observar numerosas fallas<sup>10</sup> de gran extensión, generalmente subverticales a verticales, que muestran sistemas de orientación bien definidos; estas fallas se pueden agrupar en familias según las direcciones preferenciales:

Sistema de fallas Surponiente - Nororiente  
Sistema de fallas Surorientante - Norponiente  
Sistema de fallas Norte - Sur

### **Sistema de fallas Surponiente - Nororiente<sup>F61</sup>**

Es el más importante en cuanto a que son las fallas regionalmente más destacadas. Este sistema de fallas aparece bien representado en el dominio central y también en el dominio cordillerano, siendo el principal accidente que se aprecia, aquel que corresponde a la zona de la Megafalla Pocuro.

Megafalla se refiere a una falla de extensión regional, que marca el límite entre el dominio central y el dominio cordillerano. La zona de la megafalla Pocuro destaca como uno de los elementos mayores dentro de la zona de estudio. Esta megafalla se puede seguir sin dificultad a lo largo de más de 3 grados de latitud: de 31° a 34°.

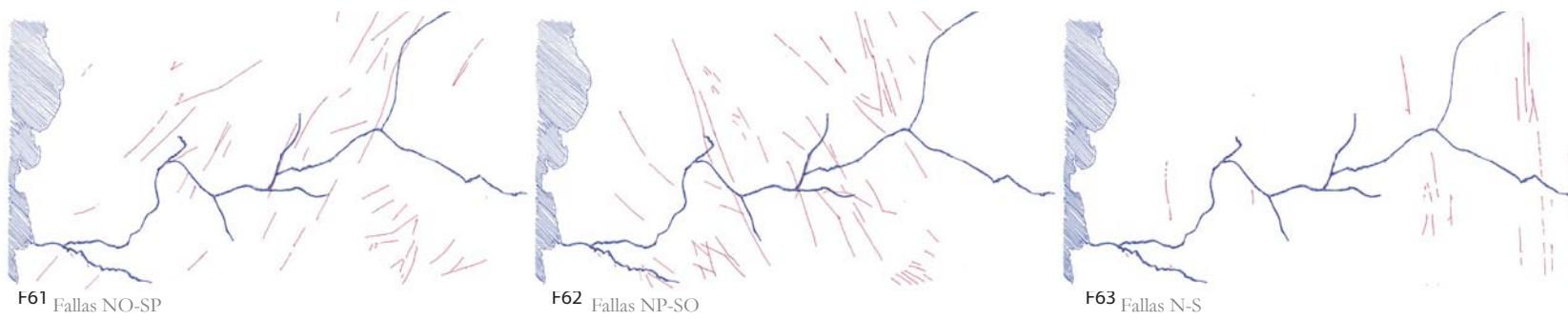
La megafalla Pocuro corresponde a una zona de fallas extensivas y en parte de rumbo con un esquema de fracturamiento intenso y complejo de la corteza. También a lo largo de su traza principal es posible observar zonas de alteración hidrotermal.

### **Sistema de fallas Surorientante- Norponiente<sup>F62</sup>**

Los planos de falla que se ubican en esta direcciones preferenciales son, generalmente, verticales a subverticales, y no se presentan muy bien desarrollados, lo que dificulta observar la presencia de estriás de falla que pudieran confirmar el desplazamiento de rumbo.

### **Sistema de fallas Norte - Sur<sup>F63</sup>**

Es un sistema de fallas que aparece mejor desarrollado en el dominio occidental con el bloque oriental alzado sobre el occidental. Este conjunto de fallas es poco notable y aparece como fallas conjugadas asociadas a los otros dos sistemas. A esta familia corresponde el denominado “Sistema de Falla de Los Ángeles” que aparece entre los valles Catemu y Putaendo siendo responsable de las direcciones preferenciales de estos valles y que consiste en una familia de estructuras que se extiende hacia el norte y el sur de la Cuenca del Aconcagua.



## SITUACIÓN GEOLÓGICA GENERAL

A fines del Terciario y comienzos del Cuaternario se origina una fase tectónica distensiva que es la responsable, en gran parte, de los rasgos topográficos principales que existen en la actualidad. Esta tectónica de bloques estructuró las numerosas fosas existentes en el territorio, además del control ejercido en la génesis de muchos valles actuales que muestran un manifiesto origen tectónico. Es importante hacer resaltar, que una de las características de este tectonismo terciario-cuaternario, es presentar direcciones secundarias de fracturamiento este-oeste.

El valle del Aconcagua y así como los valles de los esteros afluentes tienen un claro control estructural, es decir, fallas que afectaron la zona a fines del Terciario son responsables del acondicionamiento del terreno por el cual los flujos de agua dirigirán sus cauces; esto es debido a que las fallas generan zonas de debilidad de las rocas, las que presentarán poca resistencia a la erosión convirtiéndose en sí mismas en la ruta natural de flujo de las aguas.

La presencia de esta gran estructura es responsable de las variaciones en el curso del río Aconcagua y de esta manera, en la dirección y disposición del propio valle. Estas estructuras mayores tienen dos direcciones generales preferenciales: Noroeste y Noreste y están presentes en todo el valle y determinan la morfología actual de toda la cuenca. La litología sobre la cual se dispone esta cuenca es también un factor de modelamiento de la cuenca, debido a que sobre rocas intrusivas, al ser ésta de mayor dureza, la erosión es menor, y por lo tanto, la profundidad y el ancho del valle de menor orden que sobre rocas sedimentarias; sin embargo, la profundidad y ancho de los valles sobre intrusivos puede crecer si estas rocas son afectadas por fallas.

En la cuenca del Aconcagua existen numerosos valles y fosas de génesis estructural, que son el resultado de la tectónica tardía. Los graben principales ubicados en el sector de interés son:

### **Tramo del Valle del Río Aconcagua entre Los Andes y San Felipe**

El límite oriental de este tramo del valle es la megafalla Pocuro y el límite poniente corresponde a la intersección del río Aconcagua con el Putaendo. En los dibujos se observan lineamientos en dirección Norte-Sur en esta zona, lo que coincide con la dirección preferencial de la cuenca de Los Andes – San Felipe.

El valle del río Aconcagua, en la zona de la Cordillera Principal, es un valle relativamente angosto que notoriamente se ensancha, en su ingreso a este sector de la cuenca, inmediatamente al oeste de la me-

gafalla Pocuro, como un gran valle entre Los Andes y San Felipe. Es probable que la presencia de la falla Pocuro, sumado a las variaciones del cauce durante el Cuaternario, sean responsables de este gran ensanchamiento del valle. Los esteros Pocuro y San Francisco, como límites norte y sur, aportan también al ensanchamiento del valle. La presencia de Cerros Islas al comienzo y durante este tramo seguramente aportaron a esta condición ancha del valle al servir de barrera para el curso natural de las aguas las cuales debieron desviarse más de lo normal en las continuas variaciones del cauce. Es probable que en su origen el río haya seguido la traza de la falla Pocuro hacia el norte y girando posteriormente al sur al enfrentar la topografía y que, de esta manera, el río haya tomado una forma de zigzag (entre los esteros Pocuro y San Francisco) que abarcaba lo que es el valle actualmente para posteriormente, y debido a la erosión, tomar un curso más continuo.

En este sector se evidencian claros alineamientos tanto en el sector el oriente (falla Pocuro) como hacia el poniente, los que corresponden a direcciones de fracturamiento que permitieron el descenso de un bloque central, el que conforma la cuenca de Los Andes – San Felipe.

### **Valle del Río Putaendo**

Al igual que el tramo del valle del Aconcagua entre Los Andes y San Felipe, este valle comienza en la intersección del río Rocín con la megafalla Pocuro, donde el río cambia de nombre a río Putaendo. Es también, una fosa tectónica estrecha沿ada norte sur, coincidente con el fracturamiento del sector que corresponda a la zona de falla de Los Ángeles. Es posible que esta estructura no sea un graben propiamente tal, sino el producto de un sistema de fallas que han provocado el descenso de bloques en escalón lo que facilitó el proceso erosivo del río Putaendo para el modelado del valle actual.

En el valle de Putaendo se muestra que la profundidad de este aumenta de norte a sur. En el primer tramo del valle este se encuentra, compuesta por rocas que presentan una resistencia mayor a la erosión por lo tanto, en este tramo el valle es relativamente angosto y de poca profundidad. Al tomar contacto, aguas abajo, con rocas menos resistentes el valle comienza a ensancharse y la profundidad es notablemente mayor.

### **Segunda Sección - Catemu**

Este sector de la cuenca del Aconcagua se inicia en la confluencia de éste con el valle del Putaendo y se extiende hasta la confluencia del estero Catemu, incluyéndolo. El principal de ellos, corresponde a la prolongación de un alineamiento que conforma el borde oeste del valle de Putaendo. De igual forma, al aparecer tiene influencia en la morfología de este sector de la cuenca del Aconcagua, alineamientos que también afectan al valle del estero Los Litres (Llay-Llay). Un alineamiento en la confluencia con el Catemu genera un sector de mayor ensanchamiento del valle.

Esta sección del valle tiene como característica fundamental el hecho de haberse generado en rocas intrusivas que le dan al valle una condición de menor profundidad y mayor extensión horizontal. El valle del estero Catemu presenta una alineación paralela a la gran estructura del río Putaendo y se encuentra limitado al oriente por una falla de gran corrida que, sin duda, es la que le dio origen. Está limitado por dos lineamientos subparalelos de dirección norte sur, lo que hace pensar que corresponde a un bloque central caído dentro de una zona de extensión (graben). En este valle hay presencia de otros lineamientos con dirección Norte-poniente que coincide con pequeños afluentes y valles secundarios.

Aunque el valle no es muy profundo, puede observarse que los sectores en este valle que sobrepasan los 150 metros de profundidad de la roca.

### **Valle del Estero Limache**

Esta estructura se ubica claramente alongada norponiente, coincidente con un potencial fracturamiento del área. Este limitaría un bloque deprimido que tienden a cortarse hacia la desembocadura del valle. Esta es la razón fundamental por la cual la estructura se estrecha considerablemente en esa dirección, de la misma manera la profundidad del valle también es decreciente en el mismo sentido .

Esta situación de gran angostamiento del valle se debe, en el sector de la desembocadura del estero Limache en el río Aconcagua, afloran rocas sedimentarias terciarias, muy blandas y fáciles de erosionar, donde el estero ha excavado en profundidad en lugar de ampliarse lateralmente.

## Fuentes de imágenes

F1 - F2	Obtenidas del estudio UCV para el proyecto de Quillota, 1981
F3 - F22	Dibujos realizados por el autor
F23 - F35	Obtenida de los estudios de la Esc. Internacional de Ingeniería de las aguas de Andalucía
F36 - F38	Dibujos realizados por el autor
F39 - F40	Obtenida de los estudios de la Esc. Internacional de Ingeniería de las aguas de Andalucía
F41 - F43	Fotografías disponibles en: <a href="http://www.flickr.com">http://www.flickr.com</a>
F44 - F46	Obtenida de los estudios de la Esc. Internacional de Ingeniería de las aguas de Andalucía
F47	Dibujo realizado por el autor
F48 - F54	Obtenidas desde google.imagenes
F55 - F64	Dibujos realizados por el autor

## Bibliografía

### Textos

- Capítulo: “La mecánica de los procesos erosivos”, del libro “La Zona Costera” de Consuelo Castro A. y Esteban Morales C.
- Apunte digital: “Morfología y Dinámica fluvial”, disponible en: <http://prueba2.aguapedia.org/master/ponencias/modulo6/morfologia.pdf>
- Publicación: “Cuenca del río Aconcagua”, Dirección general de aguas, 2004
- Publicación: “Algunos apuntes sobre la dinámica fluvial”, fundación nueva cultura del agua de Zaragoza, disponible en: <http://www.unizar.es/forojoven/downloads/curso/pdfs/5.pdf>

### Apuntes de clases

- Visión Oceánica, profesor Esteban Morales C.
- Hidrodinámica, profesor Ramiro Mege T.
- Hidrodinámica, profesor Alejandro López A.





## D/ HIPÓTESIS

Consolidación del ancho del río mediante la construcción de su caja hidráulica, con el control de sus aguas a través de contenciones, canalizaciones y represamientos con sistema de compuertas. Se propone el plan de desarrollo urbano mediante el establecimiento de una zona de galpones industriales, una estación intermodal, núcleos educacionales, sectores residenciales y de servicios, ordenados por una estructuración vial y un anillo parque, que propone la habitabilidad como un motor de cuidado del medio ambiente.

## D. hipótesis Hipótesis general de la tesis

Consolidación del ancho del río mediante la construcción de su caja hidráulica, con el control de sus aguas recreativas a través de contenciones, canalizaciones y represamientos con sistema de compuertas.

Se propone el plan de desarrollo urbano mediante el establecimiento de una zona de galpones industriales, una estación intermodal, núcleos educacionales y sectores residenciales, ordenados por una estructuración vial y un anillo parque, que propone la habitabilidad como un motor de cuidado del medio ambiente.

### Hipótesis específica 1: caja hidráulica del río Aconcagua

Se devuelve a Quillota su relación con el río mediante la configuración de la caja hidráulica de este y la proposición de un plan de estructuración vial en torno a éste.

Se propone dejar una zona habilitada constantemente para protegerse del caudal de 10 años de periodo de retorno, a la vez que se construye el límite del cauce cada 200 años como una zona que admite sólo instalaciones leves. El caudal se encauza mediante terrazas inundables entre la cota del caudal mínimo y la cota del caudal de 10 años.

La hipótesis hidráulica consta de infraestructura vial, de protección de las crecidas y de represamiento de aguas que permita cumplir con uno de los objetivos de la tesis que es convertir al río en un eje estructurador urbano vital para la ciudad.

La forma en que el río pasa de ser un elemento residual, a ser este eje estructurador, es conquistando la orilla opuesta. La propuesta de la caja hidráulica busca volver habitable al río con los siguientes elementos de infraestructura hidráulica:

### Hipótesis específica 2: espejo de agua en plaza de río

Se realiza una propuesta hidráulica específica para la plaza de río ubicada en la nueva zona céntrica proyectada para Quillota, en la orilla oriental del río Aconcagua.



F1 Zonas de la hipótesis (plano de autor):

1. Espigones deflectores de energía
2. Terrazas inundables
3. Pretil de derivación del cauce principal a la laguna-tranque
4. Terrazas inundables de la laguna-tranque
5. Laguna-tranque
6. Exclusas de regulación de altura
7. Terrazas parque-inundable
8. Contención de terreno y protección de crecidas: enrocado
9. Rambla
10. Canalización de aguas recreativas (desde laguna-tranque)
11. Laguna artificial
12. Retorno del río a su lecho sin intervenir



## E/ METODOLOGÍA

Construcción de un modelo fluvial que permite evaluar el comportamiento del río en su condición actual así como con los elementos hidráulicos propuestos para configurar su caja. Análisis de los resultados y establecimiento de zonas críticas de erosión, sedimentación e inundaciones. Se elabora también un modelo individual de plaza de río para garantizar la renovación de aguas y la habitabilidad de su espejo de agua.

## **metodología/ ESPIRAL DE DISEÑO**

La tesis general: ‘conformación de un nuevo frente pacífico para el continente’, comprende todos los proyectos del puerto - parque Aconcagua, en Concón. Nuestro proyecto es un sub-tema de dicha tesis, en que desarrollamos una zona de actividad logística asociada a dicho nuevo puerto y su relación con el resto del continente.

La espiral de diseño es entonces una herramienta que nos permite tomar las consideraciones necesarias para la factibilidad de dicho proyecto en sus dos etapas:

### **A. Plan maestro**

Corresponde a la proposición territorial en que disponemos la zona de actividad logística y las zonificaciones asociadas a ellas, así como la proposición de un nuevo elemento estructurador urbano en torno al río.

### **B. Caja hidráulica**

Esta etapa corresponde a los elementos de contención del río, su orden y disposición para proteger a la ciudad de las crecidas, construir el espesor habitable de sus orillas, y trabajar con la energía del río para evitar zonas de erosión y sedimentación.

### **PARTES INTERESADAS**

- Gobierno regional
- Municipalidad de Quillota
- Puerto Aconcagua
- Comunidad Quillota
- Ministerio de medioambiente
- Servicio agrícola y ganadero
- Dirección general de aguas
- Dirección de obras hidráulicas
- Dirección de vialidad
  
- Empresas constructoras

### **REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL**

- Tiempos de construcción y costos
- Impacto vial y crecimiento armónico de la ciudad
- Infraestructura industrial y acopio
- Acceso a espacios públicos y servicios
- Impacto en la biodiversidad del río
- Conservación de ecosistemas
- Posibilidad de acumulación de agua
- Contención de las crecidas del río
- Correcta estructuración de rutas de la trama vial en rutas de carga, de tráfico interno y de tráfico interurbano
- Costo, tiempos de construcción y acceso a materia prima local

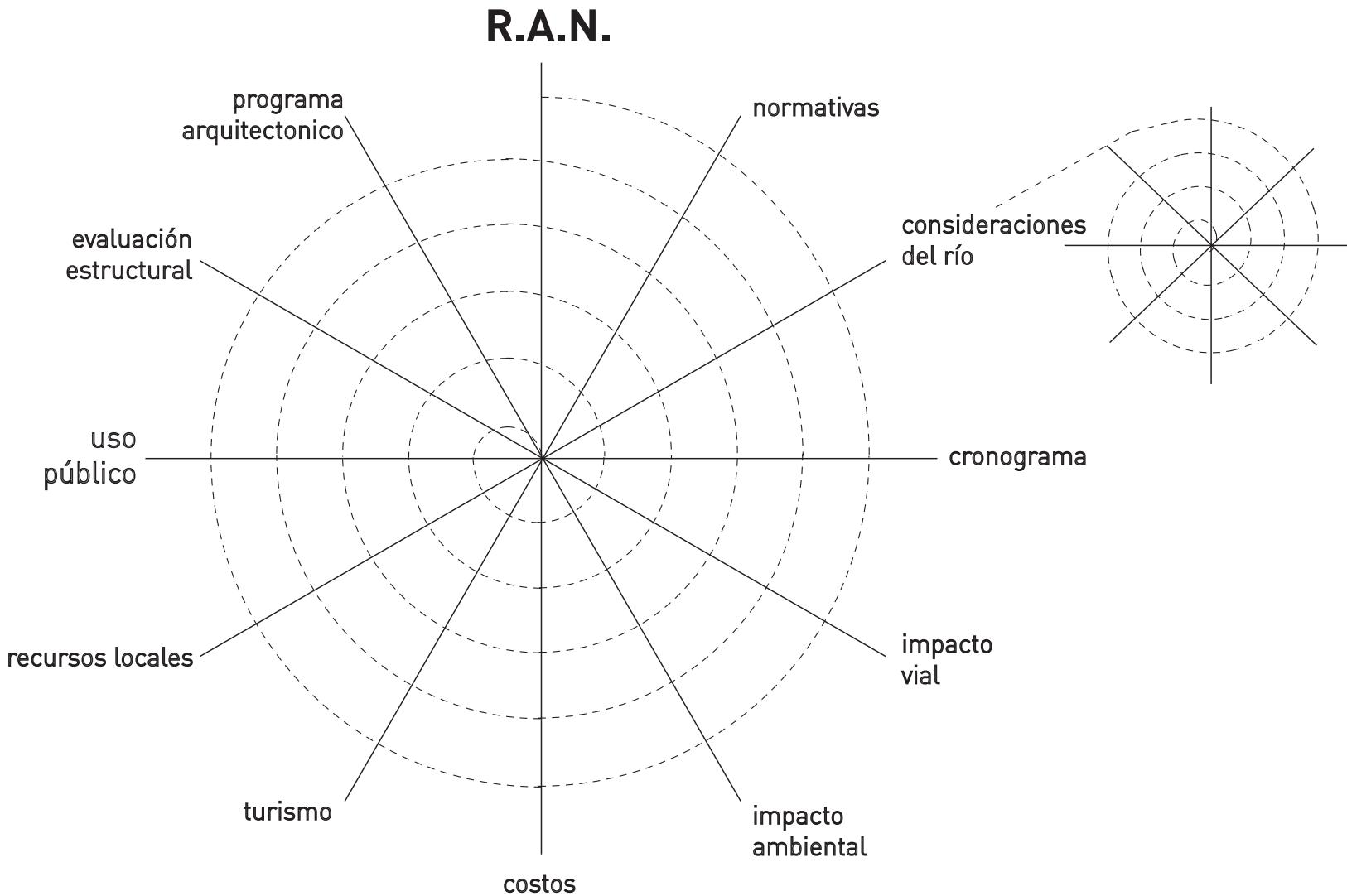
### **A. PLAN MAESTRO PARA LA INCORPORACIÓN DE UNA ZONA DE ACTIVIDAD LOGÍSTICA EN QUILLOTA**

#### **A.1 Espiral de diseño para la Zona de Actividad logística en Quillota**

La espiral de diseño es una representación gráfica de todas las consideraciones externas necesarias para llevar a cabo el diseño de toda estructura; en nuestro caso, la ZAL en quillota y una espiral secundaria para la caja hidráulica del río Aconcagua.

#### **Requerimientos de alto nivel**

Los requerimientos externos del elemento a diseñar se agrupan en los R.A.N.: requerimientos de alto nivel, que corresponden a las exigencias de todas las partes interesadas en el proyecto.



## OTRAS CONSIDERACIONES

### 1. NORMATIVAS

En el marco normativo, para un proyecto de plan maestro de desarrollo urbano, debemos tener en consideración las zonificaciones y destinaciones de uso de suelo designadas por el plan regulador comunal. El plan maestro para la incorporación de una ZAL para Quillota nace de considerar las expectativas de crecimiento y se articula desde las vías estructurante proyectadas.

### 2. CONSIDERACIONES DEL RÍO

Consideraciones hidráulicas que, por su complejidad, requieren una espiral de diseño propia.

### 3. CRONOGRAMA

El tiempo de desarrollo del proyecto debe realizarse para calzar con los tiempos políticos y con sus etapas asociadas estratégicamente a dichos períodos. El plan de desarrollo urbano para Quillota está pensado para 15 o 20 años, por lo que es totalmente necesaria la implantación de dichos proyectos en etapas de funcionalidad independiente.

### 4. IMPACTO VIAL

Ante la incorporación de una zona de desarrollo industrial de estas envergaduras, con su consecuente explosión demográfica y en el parque automotriz, se hace necesario un estudio de impacto vial. En nuestro caso, el proyecto nace de un estudio de las estructuras viales existentes y proyectadas, para dar pie a una proposición de nuevas rutas distinguidas en: tránsito urbano, tránsito interurbano, rutas de carga (exclusivas para los camiones con conteiner) vías ferreas (tranvía, Metro, tren de carga) con su consecuente despliegue de estaciones y nudos viales.

### 5. IMPACTO AMBIENTAL

Es necesario estudiar y cuantificar la emisión contaminante de la zona industrial. Por otro lado, el río es en sí mismo un elemento de continuidad biológica, el cual, al ser intervenido en su lecho, puede generar cambios en la biodiversi-

dad de la zona. Del mismo modo, la proyección de nuevas áreas verdes y zonas parque dan pie a la incorporación de especies que pueden o no afectar el equilibrio de los ecosistemas autóctonos del valle. Parte de la propuesta corresponde a un anillo parque-corredor biológico, que busca mantener el equilibrio de los ecosistemas a la vez que se potencian las áreas verdes como mitigación de las zonas industriales.

#### 6. COSTOS

Los costos de la incorporación de la ZAL en Quillota obedecen en una primera instancia a infraestructura pública (gastos gubernamentales – municipales). En un segundo momento, a la instalación misma de las industrias (gastos de inversión privada) y en una tercera instancia, la configuración de la caja hidráulica del río, el frente fluvial y las zonas parque, se costean bajo el concepto de la responsabilidad social empresarial de las aproximadamente 70 empresas que es capaz de albergar la ZAL en sus dos etapas de desarrollo.

#### 7. TURISMO

Para una ciudad con el crecimiento que tendría Quillota, se hace necesario entregarle espacios para recreación y vida pública que permite sostener la vida de los habitantes de la ciudad así como fomentar la actividad turística mediante áreas de recreación y servicios. La propuesta del plan maestro incorpora un largo parque fluvial que se vincula directamente con el parque habitacional, la nueva zona céntrica y la zona de rambla (paseo de borde-río)

#### 8. RECURSOS LOCALES

Una buena logística proyectiva implica realizar una adecuada selección de sistemas constructivos y materialidad de los elementos a construir, en este caso principalmente para las construcciones hidráulicas de trato con el agua. El estudio realizado para el ‘estanque recreacional y otras obras anexas’ del año 1981 estipula la disponibilidad de materiales en la zona para realizar obras de contención tanto de enrocado como de gaviones. Cabe destacar en este tópico la disponibilidad de mano de obra local para trabajar en la construcción de toda la infraestructura urbana, así como la importante fuente de empleos que las empresas generan en la zona.

#### 9. USO PÚBLICO

El río debe ser devuelto a la ciudad como elemento de recreación y vida pública. La proposición de una nueva estructuración urbana tiene que ser capaz de incluir al río en sus períodos de crecida y sequía construyendo sus orillas desde la habitabilidad. Esta habitabilidad debe estar garantizada como un bien de acceso público. Del mismo modo que el río, la ciudad debe construirse a si misma desde la posibilidad de recorrerse de múltiples formas: pie, bicicleta, vehículo, bus. Y de construir las zonas de acceso a servicios urbanos (un nuevo centro).

#### 10. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Revisión completa de las consideraciones a realizar por especialistas, ingenieros y calculistas para toda construcción.

#### 11. PROGRAMA ARQUITECTÓNICO

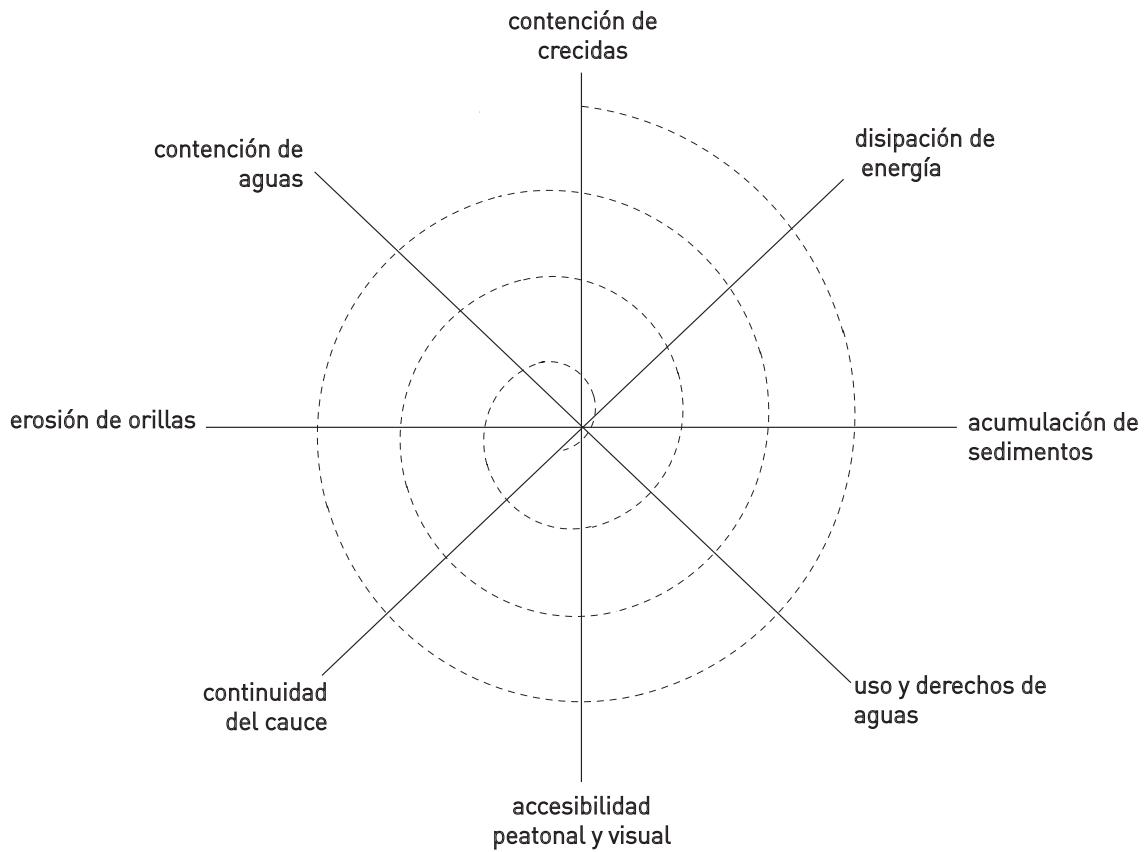
Desarrollo de programa arquitectónico específico (partida acometida durante los procesos de titulación realizados en paralelo con el posgrado: Unidad de vivienda para el parque habitacional y portal comercial y de operaciones logísticas en la nueva zona centro).

### A.2 PROYECTO: PLAN MAESTRO PARA LA INCORPORACIÓN DE UNA ZONA DE ACTIVIDAD LOGÍSTICA EN QUILLOTA

La zona de actividad logística propuesta consta de una serie de instalaciones industriales, de acopio y transporte, destinadas a convertir a Quillota en un punto crucial para el eje comercial del corredor bíoceánico desde el puerto Aconcagua, respetando la actual fisionomía de la ciudad y sus proyecciones de crecimiento. La zona industrial, en co-dependencia con el puerto en Con-con, permitiría dar valor agregado a los productos importados (principalmente del Asia-pacífico) y exportar los productos con rotulación chilena al resto del continente.

A su vez, el plan maestro propuesto comprende una serie de elementos destinados a recuperar la relación entre ciudad y el río Aconcagua, estructurar el crecimiento de la ciudad en torno a un nuevo centro urbano de servicios, generar nuevos polos de educación secundaria y superior especializada, y mitigar el impacto ambiental de las industrias con un corredor biológico que permita sostener los ecosistemas nativos.





## B. CONFIGURACIÓN DE LA CAJA HIDRÁULICA DEL RÍO ACONCAGUA

### B.1 ESPIRAL DE DISEÑO PARA LA CONFIGURACIÓN DE LA CAJA HIDRÁULICA DEL RÍO ACONCAGUA EN QUILLOTA

Para el caso de un proyecto de esta naturaleza, es necesario el desarrollo de una espiral de diseño sólo para especificar las distintas consideraciones a tener para una intervención en un curso fluvial.

Esta nueva espiral de diseño se desprende de la original en el tópico ‘consideraciones del río’. El río es un sistema dinámico de escurrimiento de las aguas pluviales y de deshielo de toda la cuenca que le es tributaria. La dinámica fluvial va moldeando el terreno a lo largo de siglos de acción erosiva y sedimentaria y es con estas dos acciones principales que se configura la morfología de los ríos.

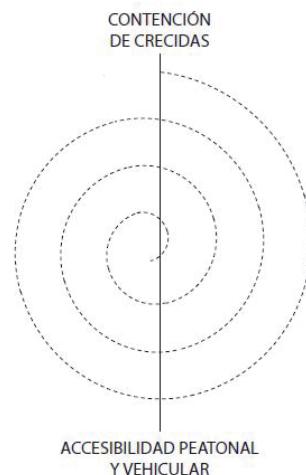
Una intervención a realizarse en un río debe considerar estas realidades propias de un curso fluvial:

- El río es el que recolecta los escurrimientos de todas sus quebradas tributarias, la cantidad de agua que lleva esta sujeta a la cantidad de agua caída por lluvias, así como al clima que provoca deshielos en las altas cumbres. Por estas variables, el caudal de agua que el río lleva es variable y una intervención al río debe considerar dicha variabilidad.
- El río, al hacer bajar agua desde las zonas altas a las bajas, es un transporte de energía en continua transformación de energía potencial gravitatoria a cinética. Dicha energía se disipa a la vez como energía térmica en el roce con el lecho del río, generando trabajo mecánico en forma de ‘erosión’.
- El río va arrastrando los sedimentos que erosiona en sus cursos superiores (cuando la velocidad del escurrimiento es superior a la velocidad de deposición), haciéndolos decantar en los tramos en que disminuye su velocidad (la velocidad de deposición es mayor que la velocidad del escurrimiento).
- El agua que lleva el río es, a lo largo de todo su curso, derivada y canalizada principalmente para regadío de la actividad agrícola. Una intervención fluvial debe considerar y respetar los derechos de agua asociados a cada tramo del río y sus derivaciones.
- El río, además de su funcionalidad geográfica intrínseca, ha servido a lo largo de la historia de la ciudad, como un elemento de recreación y vida pública para los habitantes de las ciudades aledañas al curso fluvial. En específico la ciudad de Quillota tenía durante los siglos XIX y XX el carácter de

balneario del interior. La accesibilidad al río como espacio público debe ser una dimensión que no se debe dejar de lado al proponer una intervención fluvial.

- El río desde su continuidad geométrica garantiza un escurrimiento más uniforme sin el menoscavo de sectores por erosión y decantación de sedimentos. El río se debate entre la linealidad y la figura meandriforme según la disposición de las fuerzas centrífugas, la forma del lecho y las velocidades de deposición.

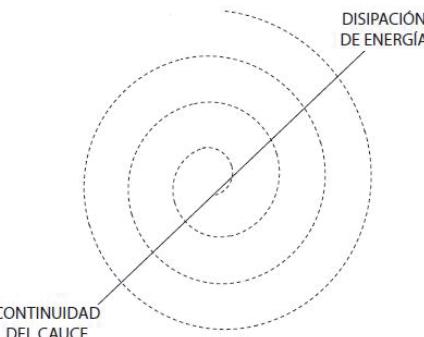
## CONSIDERACIONES CONTRAPUESTAS



### CONTENCIÓN DE CRECIDAS v/s ACCESIBILIDAD

El afán por contener las crecidas del río, para garantizar la seguridad de la infraestructura urbana aledaña al río, puede llevar a un consecuente sobredimensionamiento de las obras de contención.

Estos elementos de contención deben estar sumamente medidos para no bloquear el acceso al río como un bien de uso público. En el proyecto dicha disyuntiva se resuelve con la distinción de los distintos tipos de contención para un buen funcionamiento hidráulico y a una habitabilidad garantizada de las orillas del río.

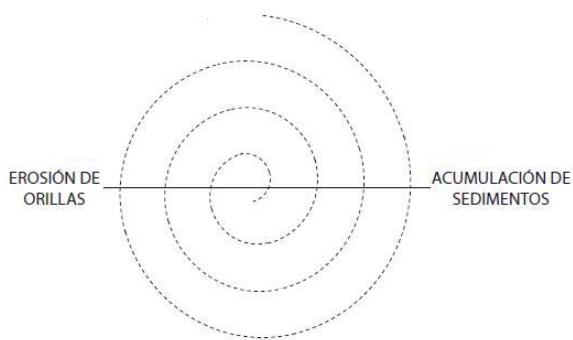


### DISIPACIÓN DE ENERGÍA v/s CONTINUIDAD DEL CAUCE

Todas las intervenciones que se colocan en el lecho del río, se debaten entre la continuidad del cauce v/s la disipación de energía. Para caudales muy altos (en nuestro caso, superiores a 10 años de periodo de retorno) es conveniente disipar la energía para evitar el efecto erosivo del agua en altas velocidades.

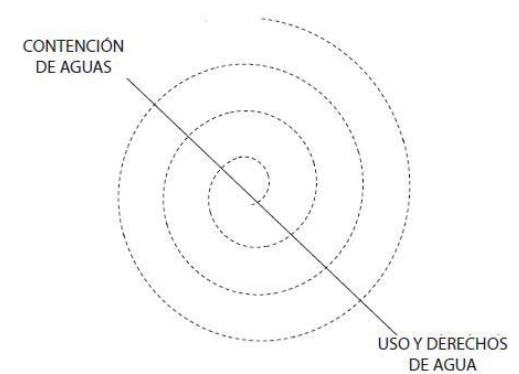
La colocación de elementos disipadores de energía, así como los cambios en la geometría del cauce, le rompen al río la continuidad de su escurrimiento por lo que son zonas de generación de turbulencias. Las turbulencias provocan micro aceleraciones y desaceleraciones del agua que pueden llevar a perjudicar los elementos hidráulicos propuestos.

- Es posible considerar la opción del represamiento de aguas para su uso posterior. Para estos casos, es de suma importancia considerar que el río es parte vital del equilibrio biológico de las cuencas, y que el quitar tanto las aguas como los sedimentos es romper dicho equilibrio. Por lo mismo, no se debe dejar tramos de río sin agua ni acumular los sedimentos que arrastra, pues estas acciones perturban la vida del valle aguas abajo.



### EROSIÓN v/s ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS

La acción del agua sobre el lecho es mediante dos procesos simultáneos que van ocurriendo a lo largo del río: la erosión de las orillas por la alta velocidad del agua en ciertos tramos, y la posterior deposición de dichos sedimentos en los lugares en que el curso fluvial disminuye su velocidad. Para gobernar estas dimensiones del río es que se realiza la modelación de la caja hidráulica propuesta como hipótesis y se identifican las zonas de mayor acción erosiva y deposición sedimentaria para así proponer la nueva caja hidráulica evitando al máximo dichos procesos.



### CONTENCIÓN v/s USO Y DERECHOS DE AGUA

La contención de las aguas del río puede afectar en ciertos tramos o momentos los actuales derechos sobre las aguas del río y sus consecuentes canalizaciones. Del mismo modo, cualquier intervención en el lecho del curso fluvial debe respetar las bocatomas existentes.

Una contención de aguas como la que se propone en la laguna - tranque aledaña al río, permitiría almacenar el agua en períodos de bajos caudales y luego derivarla a través de nuevas canalizaciones hacia los terrenos más bajos. Ampliando y optimizando el acceso a las aguas del río para regadío.

## **metodología conjunta/ MODELO FLUVIAL ACONCAGUA**

### **MODELACIÓN**

La modelación del curso fluvial corresponde a la metodología por la cual evaluamos la hipótesis hidráulica y a partir de la cual diseñamos los cambios necesarios que desarrollan las soluciones de las fallas evidenciadas en las pruebas.

El modelo fluvial para el río Aconcagua en Quillota abarca un tramo de río desde los espigones deflectores de energía en el extremo norte, hasta el puente que vincula el acceso de ‘Manzanar’ con la nueva zona céntrica del plan maestro. Dicha área corresponde a una zona rectangular de 6,63 km de largo en sentido norte-sur, y 2,275 km en sentido este-oeste.

Debido a la magnitud del modelo en cuestión, así como de la materialidad y cantidad de agua requerida, se considera trabajar en los terrenos de la Ciudad Abierta cercanos al estero de Mantagua, en donde se pueda simular con arena la geografía de la cuenca del río Aconcagua en Quillota. Se piensa identificar las áreas de deposición sedimentaria y erosión mediante el uso de anilina en el agua y arena, a la vez que se pre-fabricarían en el taller de prototipos de Ciudad Abierta la mayoría de los elementos urbanos que se ubican en el río, como los puentes.

### **OBJETIVOS**

#### **MODELO ETAPA 1**

Objetivo: Evaluar el comportamiento del río en su cauce sin construirle la caja hidráulica, esto nos permite tener una noción de lo que ocurre actualmente en el río en su caudal mínimo y ante crecidas de periodos de retorno de 10 años (1805 m<sup>3</sup>/s) y 200 años (4040 m<sup>3</sup>/s) y evaluar los puntos críticos para la hipótesis de la caja hidráulica.

#### **MODELO ETAPA 2**

Objetivo: Evaluar la hipótesis de la caja hidráulica hasta ahora desarrollada como tesis del magister: colocación de muros de contención, enrocados y gaviones, ubicación de los puentes, pretiles y canales secundarios, evaluación del comportamiento de las terrazas inundables, etc. Al igual que en su primera etapa, se evaluarán los caudales: mínimo, de 10 años y 200 años.

#### **MODELO ETAPA 3**

Objetivo: Diseñar y modelar in situ los cambios necesarios según lo apreciado en los modelos etapa 1 y 2.



F1 Prueba de modelo 01



F2 Prueba de modelo 02

## DATOS DE CAMPO PARA EL MODELO

Para dar curso al estudio, con anterioridad es necesario realizar una recopilación de datos indispensables para llevar a cabo las leyes de semejanza entre el prototipo y el modelo, vistas durante los cursos impartidos, y que son los siguientes:

### Caudales para distintos períodos de retorno

Según los datos previos de los caudales de la zona, se deben considerar dos variantes, que son caudales para condiciones normales y/o caudales estimados para eventuales crecidas. Es por ello que se consideran diversos caudales según el retorno correspondiente a:

Caudal a 200 años = 4040 m<sup>3</sup>/s

Caudal a 100 años = 3535 m<sup>3</sup>/s

Caudal a 50 años = 3010 m<sup>3</sup>/s

Caudal a 20 años = 2330 m<sup>3</sup>/s

Caudal a 10 años = 1805 m<sup>3</sup>/s

Caudal a 5 años = 1255 m<sup>3</sup>/s

\*Caudal en periodo de sequía = 4 m<sup>3</sup>/s

### Pendiente del río

La obtención del dato de la pendiente se hace a través del análisis de las cotas de nivel de lugar. En definitiva según los planos usados como referentes en 8km el terreno sólo sube 60 m, es decir que el río tiene una pendiente de 0,75%

### Rugosidad del lecho del río

Los suelos o depósitos fluviales que cubren la caja del río corresponden a gravas arenosas limpias, de cantos sub-redondeados, mal graduadas, con tamaño máximo del orden de las 7 pulgadas. Los ensayos de laboratorio efectuado muestran a estos suelos con una escasa proporción de material entre los tamaños 3/8" y malla 30 (0.595 mm), lo que deja a su fracción arenosa formada casi en su totalidad por arenas finas (o de estuco).

De acuerdo con las características del lecho del río y basados en los antecedentes obtenidos de la publicación "Roughness Characteristics of Natural Channels", se determinó el coeficiente de rugosidad de Manning básico: "n" igual a 0,030. Siguiendo el procedimiento de Cowan, se modificaron los coeficientes básicos obteniéndose los valores que se ocuparon en los cálculos:

Caucos principales n = 0.040  
Caucos de inundación n = 0.075

#### Determinación de escala del modelo

\* ver excel que acompaña a la tesis en cd

Para la determinación de la escala del modelo, es necesario tener en cuenta consideraciones necesarias para llevar a cabo la modelación con el mayor nivel de semejanza dinámica posible:

- Mientras menor sea el factor de la escala (es decir, mayor tamaño de modelo) es posible simular de forma más fidedigna todas las intervenciones a evaluar, así como también la modelación de sedimento según una curva granulométrica correctamente escalada (Las partículas de sedimento al escalarse por factores demasiado grandes quedan de un diámetro ínfimo, imposible de simular, y con características cohesivas que perjudican la verosimilitud del modelo).

- Para un modelo su altura de torrente normal no debe ser menor a 3 cm, de lo contrario, el curso de agua al ser tan delgado, se ve afectado por el fenómeno de tensión superficial, propio del interfaz entre el agua y la superficie por la cual está escurriendo.

- Mientras menor sea el factor de escala del modelo (es decir, tamaño de modelo muy grande) es mayor la cantidad de agua necesaria para pasarlo y mayor la cantidad de horas/hombre necesarias para su construcción. Por lo que es necesario tener más gente trabajando en su construcción durante más tiempo y garantizar una disponibilidad de agua constante y una bomba con la capacidad necesaria para llevar dicha cantidad de agua al modelo.

- Una de las condiciones más relevantes para la modelación de un curso fluvial es mantener un mismo tipo de flujo. Por lo mismo el valor del Número de Reynolds, parámetro a-dimensional que determina el tipo de flujo (laminar, turbulento, o en transición), debe estar en el mismo rango. En el caso de los ríos, por la cantidad de agua y las velocidades en las que esta circula, es prácticamente imposible tener flujos de tipo laminar, por lo que se recomienda de forma general, obtener en los modelos números de Reynolds mayores a 4.000.

#### Dimensiones del Modelo

En vistas de las experiencias que el grupo de trabajo ha tenido construyendo modelos anteriores: Modelo de caleta Tubul (primer semestre 2011), modelo de caleta Tirúa (segundo semestre 2012) y modelo de Valparaíso (segundo semestre 2012), llegamos a la conclusión de que las máximas magnitudes posibles de abarcar en los tiempos para la modelación (por lo general una semana) y con la mano de obra con la que se cuenta (4 a 5 personas), corresponden a un rango de superficies entre los 50 y 75 m<sup>2</sup>.

Considerando este rango, consideramos que la escala de menor factor que permite estar entre estas áreas corresponde a 1:500. Dividiendo el prototipo por ese factor, nos queda un modelo de aproximadamente 13,26 m de largo por 4,5 m de ancho, con una superficie cercana a los 60 m<sup>2</sup>.

## SEMEJANZA DINÁMICA Y ESCALAS DISTORSIONADAS

La semejanza dinámica se refiere a que todas las relaciones entre el modelo y la realidad tengan el mismo valor, (escala de longitudes:  $\lambda L$ ), y también que todas las relaciones entre tiempos tengan un valor común, (una escala de tiempos); en consecuencia habrá una escala única de velocidades, esto implica la similitud de movimientos entre el modelo y el prototipo, lo que junto a la semejanza geométrica determina que las trayectorias de partículas sean semejantes. La equivalencia de la escala temporal exige consideraciones de tipo dinámico, tales como la igualdad del número de Reynolds o Froude. Cuando el modelo y el prototipo tienen la misma relación de escala de longitudes, la misma relación de escala de tiempos y la misma relación de escala de fuerzas (o de masa), el modelo es dinámicamente semejante a la realidad.

En nuestro caso, el tamaño máximo que podemos llegar a trabajar con los tiempos y mano de obra con que se dispone indica un modelo a escala 1:500. La altura normal del escurrimento calculada teóricamente, corresponde a 4.1 m, lo que escalado correspondería a 8,2 mm; según las consideraciones anteriormente explicadas, es contraproducente realizar mediciones con una altura de escurrimento tan baja en el modelo. Por lo mismo, consideramos la posibilidad de trabajar con escalas distorsionadas, es decir, el modelo se divide por un factor de escala en su vertical y por otro factor de escala en su horizontal. Debido a esto, hay parámetros que dejan de ser numéricamente precisos, como la pendiente. Sin embargo, la mayoría de los otros parámetros evaluables si pueden ser transformados en su factor de escalamiento.

Determinación de factor de escalas para modelos sin distorsión entre vertical y horizontal.

$$\begin{aligned}\text{Escala de longitud: } & \lambda L \text{ (mismo factor vertical y horizontal)} \\ \text{Escala de velocidades: } & \lambda V = \lambda L^{1/2} \\ \text{Escala de tiempo: } & \lambda T = \lambda L^{1/2} \\ \text{Escala de caudal: } & \lambda Q = \lambda L^{5/2}\end{aligned}$$

Determinación de factor de escalas para modelos con distorsión entre vertical y horizontal.

$$\begin{aligned}\text{Escala vertical: } & \lambda_{\text{vert}} \\ \text{Escala horizontal: } & \lambda_{\text{hor}}\end{aligned}$$

Escala de superficie (área de sección transversal):

$$\lambda S = \lambda_{\text{vert}} * \lambda_{\text{hor}}$$

Escala de velocidad:

$$\lambda V = \lambda_{\text{hor}}^{1/2}$$

Escala de caudales:

$$\lambda Q = \lambda V * \lambda S$$

$$\lambda Q = \lambda_{\text{hor}}^{1/2} * \lambda_{\text{vert}} * \lambda_{\text{hor}}$$

$$\lambda Q = \lambda_{\text{hor}}^{3/2} * \lambda_{\text{vert}}$$

Determinación de escala vertical: cálculo de altura necesaria para lograr un flujo turbulento

Para determinar la escala vertical del modelo, tomamos la consideración referente al número de Reynolds que especifica que para un modelo, dicho parámetro a-dimensional debe ser mayor o igual a 4.000

$$Rd = \frac{V (4 Rh) \rho}{\mu}$$

Donde:

V = velocidad del curso fluvial

Rh = Radio hidráulico del canal (área mojada partida por el perímetro mojado)

$\rho$  = densidad del líquido

$\mu$  = viscosidad del líquido

## NÚMERO DE REYNOLDS

### Del prototipo

El primer cálculo que realizamos es la estimación del número de Reynolds del prototipo en una de las secciones regulares al sur del puente Boco en un caudal estimado para un periodo de retorno de 10 años (1805 m<sup>3</sup>/s). Utilizamos los datos del cálculo de altura normal de escurrimiento, proporcionados por el software 'HCanales':

Q: 1805 m<sup>3</sup>/s

Rh: 2.5 m

V: 2.5 m/s

ρ agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

μ agua a 15°C = 0.001139 kg/m/s

$$Rd = \frac{V (4 Rh) \rho}{\mu}$$

$$Rd = \frac{2.5 (4 \cdot 2.5) \cdot 1000}{0.001139}$$

$$Rd = \frac{25000}{0.001139}$$

$$Rd = 21\,949\,078 > 4000$$

El número de Reynolds del prototipo indica claramente la condición de turbulencia del flujo.

### Del modelo

Para determinar la escala vertical del modelo, es necesario tener el valor de la altura, la cual está incluida en el valor del radio hidráulico. Por esta razón, es este parámetro el que vamos a dejar como incógnita a despejar en la inecuación.

Para incluir la velocidad del flujo en la fórmula, debemos primero escalarla según el factor de escala horizontal que ya conocemos: 500.

$$\begin{aligned}\lambda V &= \lambda h \text{or}^{1/2} \\ \lambda V &= 500^{1/2} \\ \lambda V &= 22.36\end{aligned}$$

Velocidad de prototipo: 2.5 m/s

Velocidad del modelo:  $2.5 / 22.36$  (m/s) = 0.1118 m/s

Una vez que tenemos el cálculo de la velocidad escalada para el modelo, podemos escribir la inecuación que permitirá despejar la variable  $R_h$  (Radio hidráulico).

$$R_d \geq 4000$$

$$\frac{V(4R_h)\rho}{\mu} \geq 4000$$

$$R_h \geq \frac{4000 \cdot \mu}{4 \cdot V \cdot \rho}$$

$$R_h \geq \frac{4000 \cdot 0.001139 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right)}{4 \cdot 0.1118 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot 1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$R_h \geq 0.01018 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{\text{Área mojada}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$R_h = \frac{\text{espejo de agua} \cdot \text{altura}/2}{\text{lecho} + \text{altura}}$$

$$R_h = \frac{0.24 \cdot x}{0.5 + x}$$

$$R_h \geq 0.01018 \text{ m}$$

$$\frac{0.24 \cdot x}{0.5 + x} \geq 0.01018$$

$$0.24x \geq 0.01018 \cdot 0.5 + 0.01018x$$

$$0.24x \geq 0.005093 + 0.01018x$$

$$0.22982x \geq 0.005093$$

$$x \geq 0.0221 \text{ m}$$

La determinación del Radio hidráulico corresponde a una aproximación geométrica de la sección transversal de un tramo del río a evaluarse. En nuestro caso, la sección del tramo de terrazas inundables tiene una forma de semi-trapezio más cercana a un triángulo rectángulo cuyo cateto mayor corresponde al espejo de agua, su hipotenusa corresponde al lecho aterrazado del río y cuyo cateto menor es la altura o profundidad. Para el caso de este cálculo, en que buscamos el factor de escala vertical necesario, el valor de esa altura será la incógnita a despejar en la inecuación.

El cálculo para un número de Reynolds en el modelo mayor a 4.000 indicó que es necesaria una altura mayor o igual a los 2.2 cm y así garantizar un flujo turbulento.

## DETERMINACIÓN DE ESCALA VERTICAL

Cálculo de altura necesaria para que no afecte la tensión superficial. Considerando nuevamente que la altura normal de escurrimiento calculada corresponde a 4.1 m y que las afecciones del fenómeno de la tensión superficial puede evitarse con alturas de escurrimiento mayores a 3 cm, hemos considerado que es apropiada la escala vertical 1:100, mediante la cual deberíamos obtener una altura de escurrimiento de 4.1 cm y tenemos garantizado un flujo turbulento según el cálculo desarrollado en el punto anterior. Y que, debido a la distorsión de escalas, este modelo será de carácter cualitativo, en donde se evaluarán los efectos de las crecidas esperadas en periodos de retorno de 10 y 200 años en las intervenciones de la caja hidráulica del río Aconcagua en el tramo anteriormente estipulado.

### Cálculo de caudales con escala distorsionada

Factor de escala de caudal sin distorsión de escalas:  $\lambda_Q = (\lambda_L) 5/2$

Factor de escala de caudal con distorsión de escalas:  $\lambda_Q = (\text{esc. horizontal: } \lambda_h) 3/2 * (\text{esc. vertical: } \lambda_v)$

Escala horizontal:  $\lambda_h = 500$

Escala vertical:  $\lambda_v = 100$

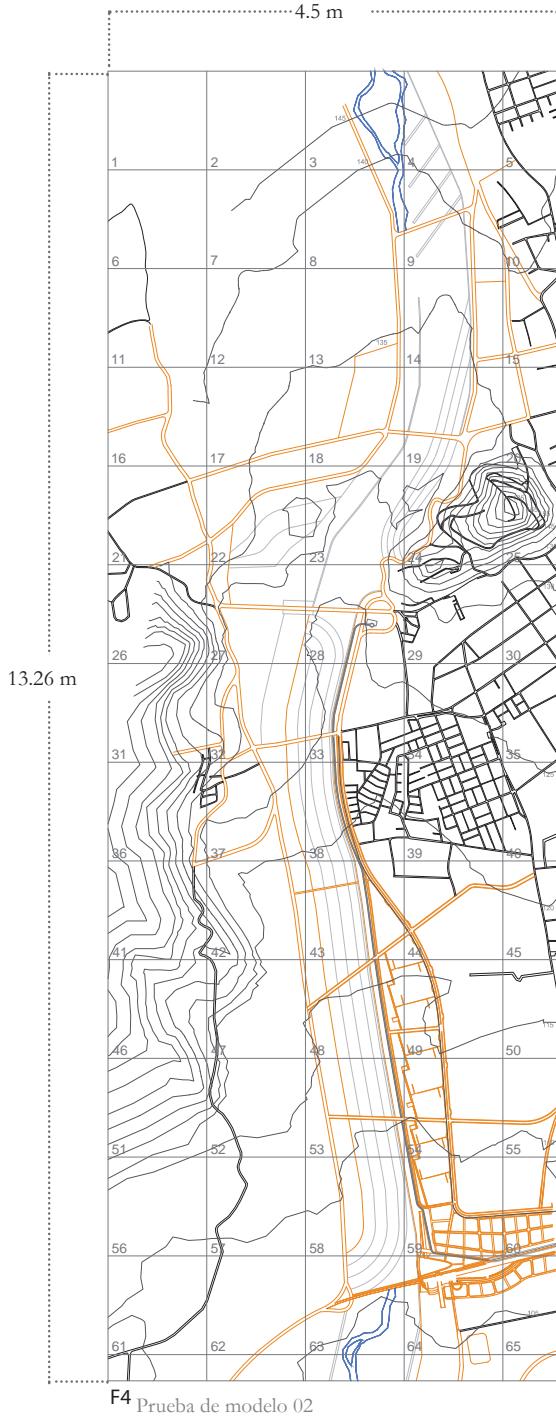
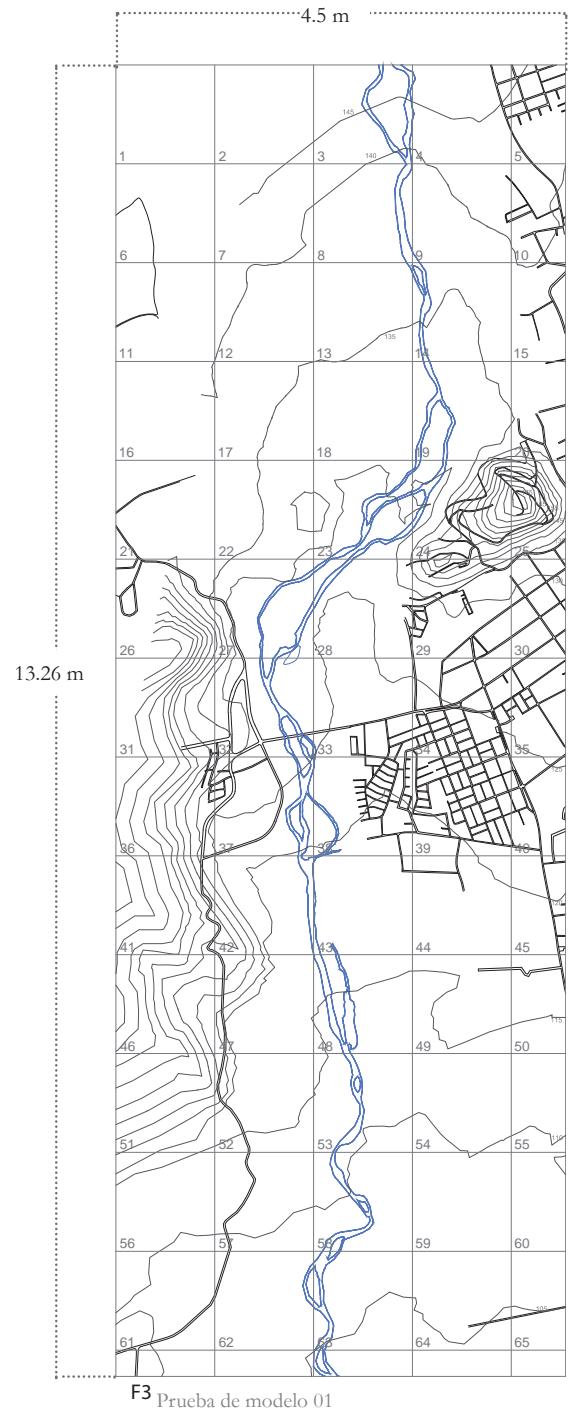
Escala de caudal:  $(500) 3/2 * 100$   
11.180,339 \* 100  
1.118.033,9  
1 : 1118033,9

Los caudales a trabajar son los siguientes:

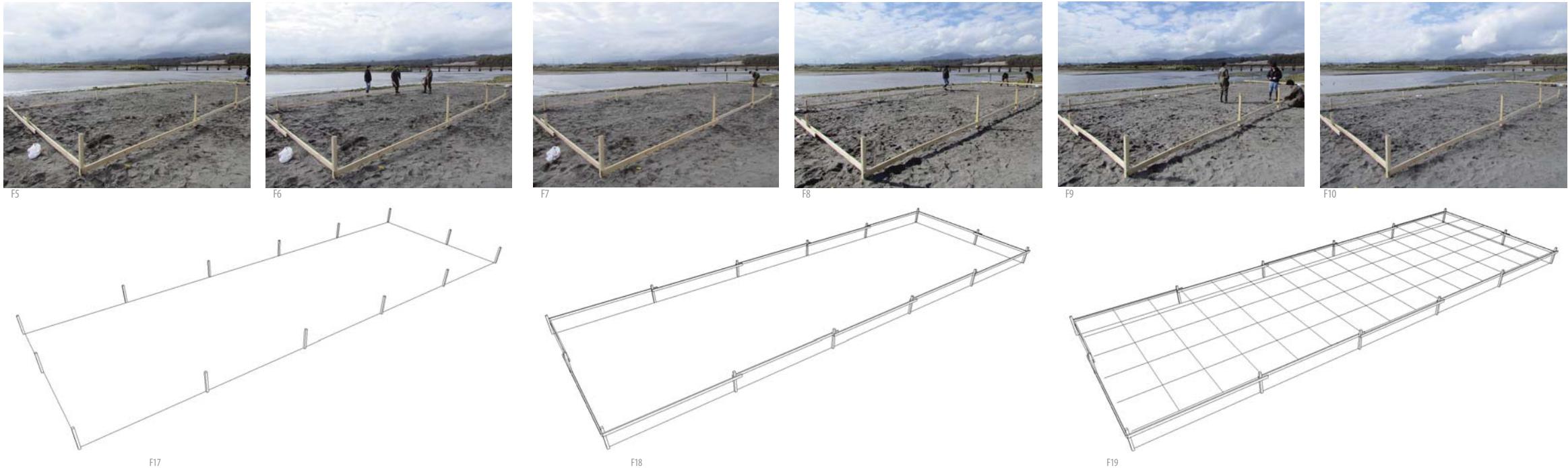
Periodo de retorno 0 o caudal mínimo:	100 m <sup>3</sup> /s = 111.800 lt/s
Periodo de retorno 10 años:	1805 m <sup>3</sup> /s = 1.805.000 lt/s
Periodo de retorno 200 años:	4040 m <sup>3</sup> /s = 4.040.000 lt/s

Dividiendo por la escala de caudales, nos da el valor de la cantidad de agua por segundo que debemos otorgar al modelo para simular los períodos de retorno seleccionados de forma fidedigna a las escalas usadas.

Periodo de retorno 0 = 0,1 lt/s  
Periodo de retorno 10 = 1,6144 lt/s  
Periodo de retorno 200 = 3,6134 lt/s



## PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MODELO FLUVIAL



### Elección del lugar

Tiempo: 1/2 Jornada  
Personas: 1

Para la elección del lugar a construir el modelo hay que tener en cuenta los siguientes factores:

1. Disponibilidad de superficie necesaria para la construcción del modelo, idealmente en arena húmeda sin raíces.
2. Cercanía a fuente constante de agua para el modelo. La distancia estará determinada por la suma de los largos de las mangueras de ingreso y salida de agua de la bomba.
3. Protección de las crecidas del estero o de la maréa (en caso de construirse en la desembocadura del estero).
4. Exposición restringida de jeeps, caballos, motocicletas, y otros. Para evitar posibles intervenciones no deseadas en el modelo.
5. Accesibilidad a pie o mediante algún medio de transporte para llevar materiales (por ejemplo, la disponibilidad de un kayak para cruzar el estero).
6. Cercanía de bodegas u otros sitios que permitan resguardar las herramientas y materiales tras la jornada de trabajo.

### Construcción de cerco de niveletas

Tiempo: 1 Jornada  
Personas: 4

Herramientas/Materiales: Chujo, combo, nivel de manguera, nivel de burbuja, estacas de madera (listones de pino en bruto 2x2" de app 80 cm de largo con un extremo en corte de punta), cerco de niveletas (listones de pino bruto de 3x1"), Martillo, bolsa de clavos 2", Lienza, Hunccha de medir, Lápiz carpintero.

El primer paso para la construcción del modelo es la determinación del área de trabajo y de un nivel de altura referencial a través de un cerco de niveletas. Esta área debe ser superior a las medidas del modelo, las cuales se trazan posteriormente con la cuadrícula. En este caso, cuando necesitábamos un área de trabajo de 13,2 m de largo por 4,5 m de ancho, se construyó un cerco de niveletas de 15 x 5 m.

#### Estacado

El primer paso corresponde a la colocación de estacas para delimitar el cerco. Se parte por uno de los vértices del cerco y se van colocando el resto de los vértices de forma ortogonal, para esto es necesaria la elaboración de un triángulo pitagórico (3, 4, 5) con lienzo. Una vez que se ubican y verifican los vértices se procede a colocar estacas intermedias entre los vértices, la distancia de separación entre estaca y estaca corresponde al largo comercial máximo de los listones correspondiente a 3.2 m.



F11



F12



F13



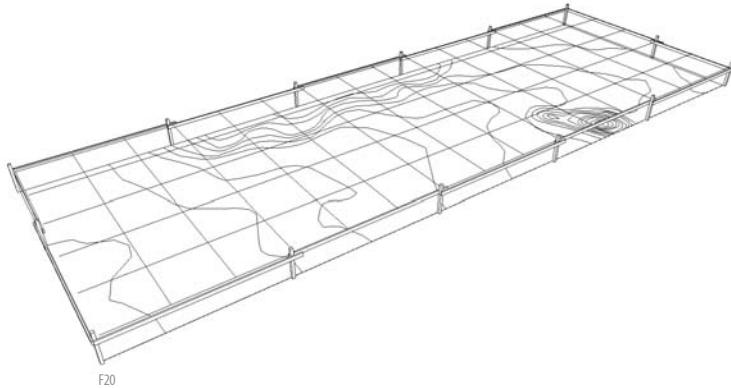
F14



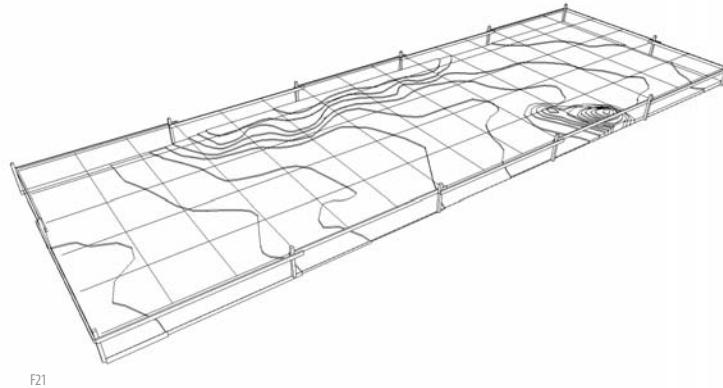
F15



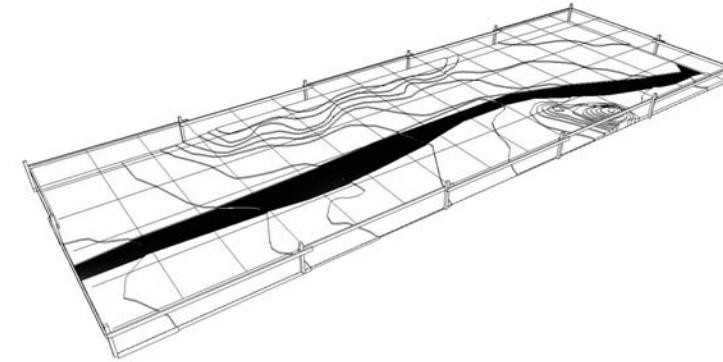
F16



F20



F21



F22

Colocación de cerco de niveletas.

Se ubica la estaca ubicada en el nivel más bajo de la pendiente del terreno y con el nivel de manguera se copia su altura mayor al resto de los vértices, luego con lienza se transmite dicha medida a las estacas intermedias. Sobre estas medidas se comienzan a clavar las niveletas, verificando constantemente el nivel con el nivel de burbuja y de manguera. De acuerdo a la disposición de las niveletas en las estacas, unas quedarán delante y detrás de éstas según den las posibilidades constructivas del martilleo; las niveletas que queden por delante de las estacas (es decir, de las estacas hacia adentro del modelo) deben ser reforzadas con clavos lanceros para evitar que se desclaven al tensar las lienzas de la cuadrícula.

### Trazado de cuadrícula

Tiempo: 1-2 horas

Personas: 3

Herramientas/Materiales: Lienza, Martillo, Clavos, Huincha de medir, Masking Tape, Lápiz permanente.

Se parte trazando la cuadrícula con una lienza amarrada a un clavo sobre la niveleta desde uno de los vértices del cerco de niveletas hacia su cara opuesta, estas medidas sí corresponden a las dimensiones definitivas del modelo (en nuestro caso: 13,2 x 4,5 m) luego se traza la primera lienza transversal a ella verificando su ortogonalidad con el triángulo pitagórico. Una vez que se tiene esta primera cruceta se van colocando en paralelo las lienzas a una distancia establecida por la cuadrícula del plano (en nuestro caso: cada 1 m). De esta manera, reproducimos a escala y niveladamente la planimetría a partir de la cual comenzamos a dibujar las cotas.

Es recomendable asignar a cada cuadro un número y marcarlo con Masking tape en uno de sus vértices, para

facilitar así el proceso de dibujado de cotas.

### Modelación de curvas de nivel en arena

Tiempo: 2 Jornadas

Personas: 4-5

Herramientas/Materiales: Llanas, Planas, Nivel de burbuja, Reglas metálicas, Pala, Huincha de medir

#### Dibujo de curvas de nivel

A partir de la planimetría del modelo y tomando como referencia la cuadrícula, se comienza a dibujar las curvas de nivel desde las cotas superiores hacia abajo. En nuestro caso, el plano de referencia tenía cotas cada 5 metros de altura, lo que a escala 1:100 dejaría cotas de 5 cm, al considerar excesiva dicho cambio de altura, decidimos dibujar intuitivamente una cota intermedia a 2.5 metros de altura.

#### Socavado de cota

En la curva de nivel dibujada sobre la arena, se bajan 2,5 cm de forma regular. Dicha medida se puede ir verificando mediante la medición de la profundidad hasta la arena desde la cuadrícula de lienzas correctamente nivelada.

#### Verificación de cota y nivel

La cota se socava hasta dejar una plataforma totalmente nivelada y horizontal (esto es muy importante para evitar desviaciones indeseadas del curso fluvial modelado) y se procede a dibujar la siguiente cota.



F23



F24



F25



F26



F27



F28

### Ubicación del curso fluvial

Tiempo: 1-2 horas

Personas: 2

Herramientas/Materiales: Llanas, Planas, Nivel de burbuja, Reglas metálicas, Huincha de medir, Cuchillo Cartonero, Polietileno negro, Cinta adhesiva gris, Masking Tape

#### Trazado del lecho del río

A partir del plano que se tiene, y tomando como referencia los vértices de la cuadrícula, se dibujan las dos orillas de un curso estimativo que señala dónde pasa el lecho del río por sobre las cotas.

#### Regulación del cauce en talud

Se busca evitar el aposamiento del caudal en tránsito mediante la conformación de un talud de pendientes variables entre las dos orillas dibujadas. Se debe socavar parte de las cotas para que en ningún momento el talud quede a una altura superior a las curvas previamente trazadas y se debe verificar que exista un nivel transversal horizontal.

#### Colocación de polietileno

Se presenta la manga del polietileno por sobre el talud ya socavado y se corta dejando un excedente aproximado de 7 a 10 cm por lado que luego debe ser cubierto de arena. En el caso de que el largo del polietileno no alcance para cubrir el largo total del río debe ser unido idealmente a topé con cinta adhesiva gris (en su defecto Masking tape), o en caso de no contar con aquel material, se deben traslapar los tramos de polietileno dejando siempre los tramos superiores sobre los inferiores para así evitar la pérdida de agua por infiltración a la arena del talud.

## Generación de caudal a partir una columna de agua



Considerando la construcción en un tambor de 200 litros que tiene una altura de 90 cms es que se ha determinado que la diferencia entre el orificio de salida y el rebalse sean 70 cms.

Por ende, a partir de los caudales que se deben probar y la altura de la columna de agua es que podremos determinar el área del orificio de salida.

$$Q = CdA_0\sqrt{2gh}$$

donde:

$Q =$  Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

$Cd =$  Coef. de descarga (0,82)

$A_0 =$  Área del orificio en  $\text{m}^2$

$h =$  Columna de agua

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$	$r = 3 \text{ mm}$
$Q = 1805 \text{ m}^3/\text{s}$	$r = 13 \text{ mm}$
$Q = 4040 \text{ m}^3/\text{s}$	$r = 18 \text{ mm}$

## PRUEBAS DE MODELO



### PRUEBA 1: Caudal normal (100 m<sup>3</sup>/s) sin intervención F32

#### 1. SEDIMENTACIÓN

El distanciamiento de las curvas de nivel señala que en estas áreas la pendiente del lecho del río disminuye, haciéndolo también la velocidad del escurrimiento. Cuando la velocidad de escurrimiento es menor a la velocidad de sedimentación, las partículas decantan produciendo zonas de acumulación de sedimento, retornos de flujo y aposamientos temporales.

#### 2. EROSIÓN

El curso fluvial choca contra el volumen masivo del cerro Mayaca, generando una zona de leve erosión del terreno la cual va a depositar en la zona de sedimentación 3..

#### 3. SEDIMENTACIÓN

Depósito de sedimentos desde las primeras erosiones del río al chocar contra el cerro Mayaca, esta deposición está permitida por la disminución de la velocidad del flujo al disminuir la pendiente de su lecho.

#### 4. EROSIÓN

El río, tras chocar en la orilla oriente con el cerro Mayaca y generar en El Boco una contracurva, debe generar por fuerza centrífuga en ese giro mayor erosión en la orilla poniente (abajo). Sin embargo, como evidencian las curvas de nivel, la pendiente del valle desciende hacia el oriente, razón por la cual el flujo tiende a erosionar más dicha orilla al acelerar ellí sus flujos.

#### 5. SEDIMENTACIÓN

Depósitos sedimentarios asociados a zonas de retorno por disminución de velocidad, que decanta inmediatamente lo erosionado en zonas de erosión 4

#### 6. SEDIMENTACIÓN

Depósitos sedimentarios a ambos lados del curso fluvial asociados a la geometría meandriforme (de meandros) propia de los ríos en sus etapas de caudales normales.



F33 Prueba de modelo 01



F34 Erosión en orilla oriente



F35 Erosión y deposición de sedimento pasado el cerro Mayaca.



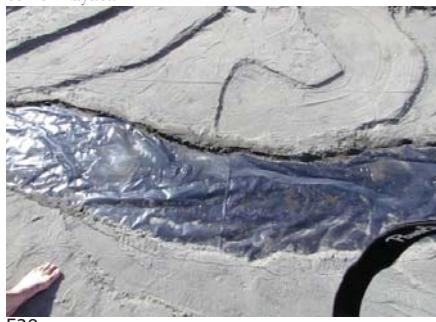
F36 Erosiones en la orilla oriente



F37 Erosiones en la orilla oriente



F38 Depositación de sedimentos



F39 Erosión y deposición de sedimento



F40 Erosión y depositación de sedimento



## 1. SEDIMENTACIÓN

Sedimentos asociados a la disminución de la velocidad del flujo por la menor pendiente del lecho.

## 2. EROSIÓN

Al aumentar el ancho de la base del río por incremento del caudal, La velocidad en las orillas también aumenta, por lo mismo, es capaz de erosionar los bordes. El río con caudales bajos tiende a la forma siniuosa o meandriiforme, sin embargo al aumentar su flujo másico busca por economía energética la forma de la línea recta. Por este motivo, las curvas internas de las sinuosidades del río (como 2 y 5), se ven directamente erosionadas por esta rectificación del río.

## 3. EROSIÓN

El curso fluvial choca contra el volumen masivo del cerro Mayaca, generando una zona de leve erosión del terreno la cual va a depositar en la zona de sedimentación 4.

## 4. SEDIMENTACIÓN

Depósito de sedimentos desde las primeras erosiones del río al chocar contra el cerro

Mayaca, esta depositación está permitida por la disminución de la velocidad del flujo al disminuir la pendiente de su lecho.

## 5. EROSIÓN

Erosión de los bordes por la propia rectificación de las curvas internas hacia la recta.

## 6. SEDIMENTACIÓN

Sedimentación asociada a los retornos producidos por la infraestructura del puente 'El Boco'. Al aumentar los caudales, todo elemento que se oponga al curso fluvial genera una estela de turbulencias que da pie a la deposición de sedimentos menores.

## 7. EROSIÓN

Por geografía el curso fluvial se acelera al oriente erosionando dicho borde.

## 8. SEDIMENTACIÓN

Al aumentar el caudal hay mayor arrastre general de sedimentos, razón por la cual hay menor cantidad de depósitos sedimentarios pero de mayor magnitud en el curso inferior del río.



F42 Depositación de sedimentos



F43 Erosión en orilla oriente



F44 Erosión en orilla oriente



F45 Depositación de sedimentos junto a los pilares de los puentes



F46 Erosiones en la orilla oriente



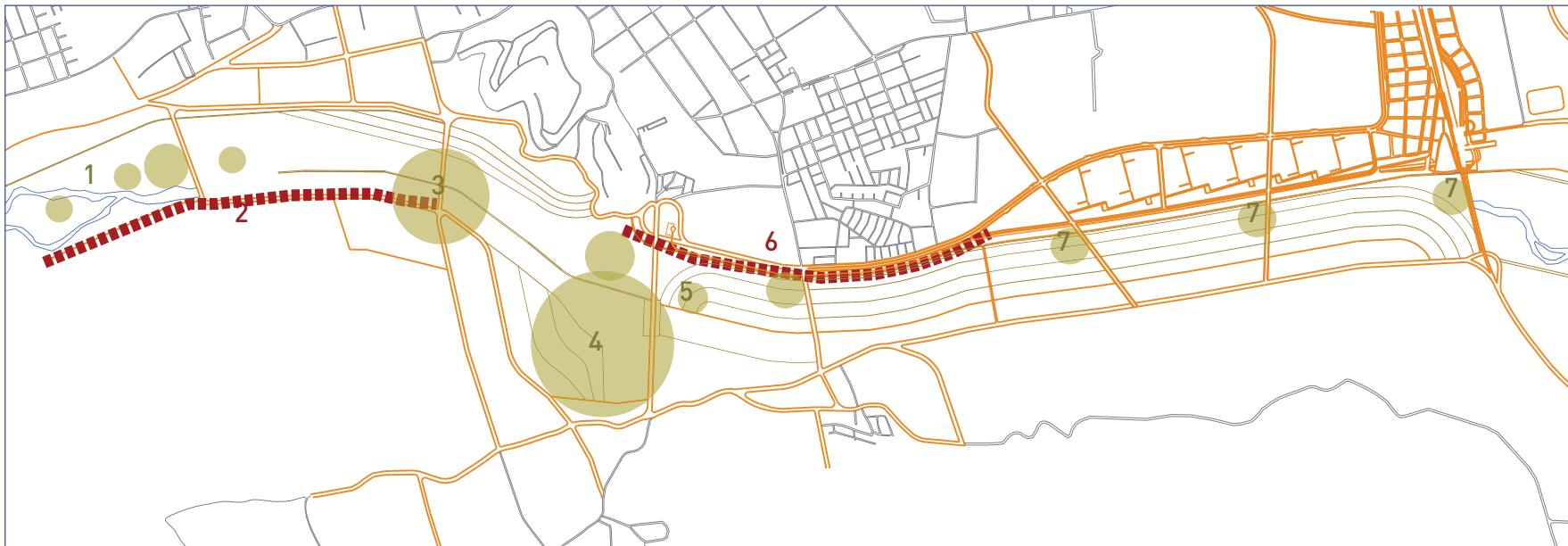
F47 Depositación de sedimentos



F48 Erosión y depositación de sedimento



F49 Erosión y depositación de sedimento



### PRUEBA 3: Caudal normal (100 m<sup>3</sup>/s) con intervención F50

#### 1. SEDIMENTACIÓN

Sedimentos dispersos en patrones meandriformes asociados a la disminución de la velocidad del flujo por la menor pendiente del lecho.

#### 2. EROSIÓN

Erosión asociada a la rectificación del flujo originalmente sinuoso.

#### 3. SEDIMENTACIÓN

Los sedimentos aquí depositados corresponden a aquellos arrastrados desde las erosiones de tramos superiores y que se depositan por la disminución de velocidad producto de la menor pendiente del lecho fluvial. Este sector en específico aumenta su natural tendencia sedimentaria al ubicar aquí el punto de inflexión del pretil de la laguna-tranque, intervención que al curvarse genera turbulencias.

#### 4. SEDIMENTACIÓN

La laguna tranque acumula todos los sedimentos arrastrados río arriba que entran por su bo-

camina. El modelo muestra grandes sectores de retorno de flujo de material en suspensión, el cual con el tiempo se decanta generando problemas con las exclusas.

#### 5. SEDIMENTACIÓN

Al comenzar las terrazas inundables y modificarse la pendiente del lecho se genera un cambio en el flujo del río que produce turbulencias y por ende zonas de retorno y sedimentación

#### 6. EROSIÓN

Erosión asociada a la rectificación del flujo sumado al efecto venturi producido por las terrazas inundables que conducen el curso del río a la orilla oriente. Al disminuir la sección transversal del caudal este disminuye su presión y se acelera, alcanzando velocidades más erosivas para la orilla oriente.

#### 7. SEDIMENTACIÓN

Sedimentación asociada a los retornos producidos por la infraestructura de los puentes. Al aumentar los caudales, todo elemento que se oponga al curso fluvial genera una estela de turbulencias que da pie a la deposición de sedimentos menores.



F51 Depositación de sedimentos



F52 Acumulación de sedimentos en laguna



F53 Acumulación de sedimentos en laguna



F54 Laguna tranque acumulando agua



F55 Erosiones en la orilla oriente



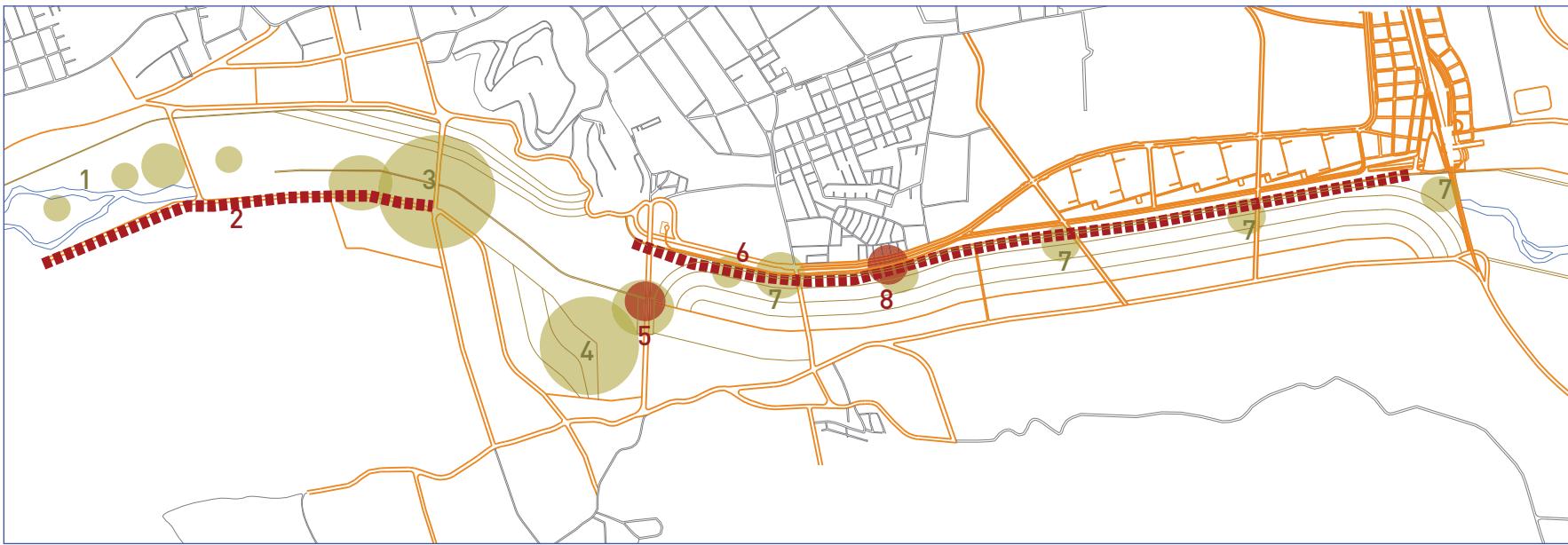
F56 Depositación de sedimentos junto a los puentes



F57 Depositación de sedimentos junto a los puentes



F58 Depositación de sedimentos junto a los puentes



#### **PRUEBA 4: Caudal en un periodo de retorno de 10 años (1805 m<sup>3</sup>/s) con intervención** <sup>F59</sup>



##### **1. SEDIMENTACIÓN**

Dispersas en patrones meandriformes asociados a la baja de la velocidad del flujo.

##### **2. EROSIÓN**

Erosión asociada a la rectificación del flujo originalmente sinuoso.

##### **3. SEDIMENTACIÓN**

Corresponden a aquellos arrastrados desde las erosiones superiores y que se depositan por la disminución de velocidad. Este sector en específico aumenta su tendencia sedimentaria al ubicar aquí el punto de inflexión del pretil de la laguna-tranque, intervención que al curvarse genera turbulencias.

##### **4. SEDIMENTACIÓN**

La laguna acumula todos los sedimentos arrastrados río arriba. El modelo muestra grandes sectores de retorno de flujo de material en suspensión, generando problemas con las exclusas.

##### **5. DESTRUCCIÓN**

Punto crítico por concentrar las turbulencias que podrían destruir el enrocado del pretil de la laguna-tranque

##### **6. EROSIÓN**

Erosión asociada a la rectificación del flujo sumado al efecto venturi producido por las terrazas inundables que conducen el curso del río a la orilla oriente. Al disminuir la sección transversal del caudal este disminuye su presión y se acelera, alcanzando velocidades más erosivas para la orilla oriente.

##### **7. SEDIMENTACIÓN**

Al aumentar los caudales, todo elemento que se oponga al curso fluvial genera una estela de turbulencias que da pie a la deposición de sedimentos menores. Así, la estructura del puente da pie a la conformación de un tamiz en el cual pueden quedar atrapados sedimentos mayores arrastrados por las crecidas.

##### **8. DESTRUCCIÓN**

Punto crítico por ser el lugar de inflexión en la geometría de la contención de la Rambla. Por inercia el río tiende a seguir la curva que se genera desde el puente Boco y por ello erosiona la rivera aquí.



F60 Deposición de sedimentos



F61 Acumulación de sedimentos en laguna



F62 Acumulación de sedimentos en laguna



F63 Laguna tranque acumulando agua



F64 Erosiones en la orilla oriente



F65 Depositación de sedimentos junto a los puentes



F66 Depositación de sedimentos junto a los puentes



F67 Depositación de sedimentos junto a los puentes



### PRUEBA 5: Caudal en un periodo de retorno de 200 años (4040 m<sup>3</sup>/s) con intervención F68

#### 1. CASO DE LOS ESPIGONES DEFLECTORES

Para esta prueba se colocaron los espigones deflectores de energía del río.

El efecto causado por estos espigones fue el contrario al supuesto en la hipótesis: Se esperaba que los espigones disminuyeran por roce la velocidad del flujo. La prueba de modelos indicó que lo que en verdad hacen estos espigones es disminuir el área de sección transversal del escurrimiento, acelerando considerablemente el flujo y direccionalandolo en una curva simétrica y reflejada a la que hace la caja del río. Dicha dirección nueva del río causa una erosión considerable en la primera curva interna del curso fluvial (3) y se devuelve destruyendo el enrocado del pretil (punto crítico 6).

Las turbulencias propias de un caudal tan alto genera zonas de retorno que, asociadas a la disminución de la pendiente del lecho del río, genera decantación de los sedimentos arrastrados y erosionados desde el curso superior del río (zonas de sedimentación 5, 7 y 8).

Del mismo modo, en la zona misma de los espigones, se generan turbulencias y retornos tan fuertes que socavan las áreas más próximas a dichos espigones (zona de erosión 4). Depositando a la vez grandes cantidades de sedimento entre los espigones.

#### 2. INUNDACIÓN

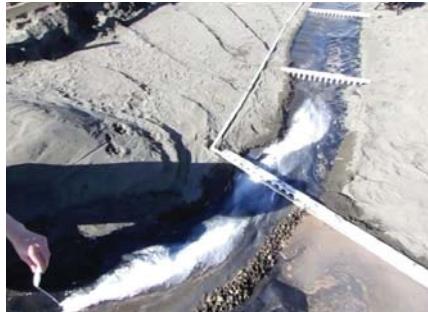
La crecida del caudal, así como la poca pendiente en la sección transversal del río, provocan que ante un flujo másico tan grande, el lecho del río se vea sobrepasado en sus límites, inundando las zonas más bajas cercanas al río principalmente en la rivera poniente.

#### 9. SEDIMENTACIÓN

La laguna tranque acumula todos los sedimentos arrastrados río arriba que entren por su bocatoma. El modelo muestra grandes sectores de retorno de flujo de material en suspensión, el cual con el tiempo se decanta generando problemas con las exclusas.



F69 Acumulación de sedimentos tras los espigones y dirección del curso hacia el acceso en la laguna



F70 Redireccionamiento del curso gracias a las terrazas



F71 División de los sedimentos entre el curso normal y la laguna



F72 Distribución homogénea de los sedimentos arrastrados por el curso de agua

## 10. DESTRUCCIÓN

Punto crítico por concentrar las turbulencias que podrían destruir el enrocado del pretil de la laguna-tranque.

## 11. DESTRUCCIÓN

Punto crítico por ser un punto de inflexión en la geometría del curso fluvial. Aquí comienzan las contenciones del enrocado, a la vez que se estrecha el río por las terrazas inundables. Esta es la primera de las infraestructuras viales a las que se enfrenta el río en su máxima crecida y por lo mismo suponemos que es el que más sufre la socavación de sus extremos.

## 12. INUNDACIÓN

Generada por los ingresos de agua derivados de la destrucción de las protecciones

## 13. EROSIÓN

Erosión asociada a la rectificación del flujo sumado al efecto venturi producido por las terrazas inundables que conducen el curso del río a la orilla oriente. Al disminuir la sección transversal del caudal este disminuye su presión y se acelera, alcanzando velocidades más erosivas para la orilla oriente.

## 14. DESTRUCCIÓN

Punto crítico por ser el lugar de inflexión en la geometría de la contención de la Rambla. Por inercia el río tiende a seguir la curva que se genera desde el puente Boco y por ello erosiona la rivera aquí.

## 15. SEDIMENTACIÓN

Al aumentar la velocidad, se limpian los depósitos sedimentarios que podíamos observar en los puentes ante crecidas menores. Sin embargo, los escombros de la destrucción en 14 no pueden ser arrastrados lejos, generando una gran zona de depósito sedimentario posterior a estos escombros.

## CONCLUSIONES DE LA MODELACIÓN

### **Elementos de la hipótesis verificados por el modelo**

#### **TERRAZAS INUNDABLES NORTE**

La colocación de las terrazas inundables entre el río Aconcagua y el cerro Mayaca sirvieron para manejar y gobernar las erosiones producidas por el río al girar con el cerro. La energía cinética que lleva el curso fluvial, acelerado en la orilla externa de la curva (fuerza centrífuga), se disipa y controla con la disposición de las terrazas a modo de velódromo. Al disminuir la velocidad en las orillas, se disminuye casi totalmente la erosión del río sobre las orillas.

#### **TERRAZAS INUNDABLES SUR**

La disposición longitudinal de las terrazas inundables desde el puente pretil hacia el sur, permitieron dirigir efectivamente el curso fluvial hacia la orilla oriente en todos los caudales evaluados sin mayores problemas de erosión o sedimentación en su curso fluvial con excepción de los puentes.

#### **ENROCADO DE CONTENCIÓN AL SUR DEL PUENTE ‘RAUTÉN’**

Las contenciones de los caudales en el tramo final del río en Quillota tienen sólo la función de evitar las inundaciones en crecidas. En esos tramos el río va controlado y vuelve a su trazado meandriforme.

### **Elementos de la hipótesis que requieren reformulación**

#### **PRETIL LONGITUDINAL DE LAGUNA TRANQUE**

Debe replantearse su geometría en pos de tener curvas menos pronunciadas que ofrezcan menos resistencia al paso del curso fluvial.

#### **FONDO Y TERRAZAS DE LAGUNA TRANQUE**

La geometría de las terrazas inundables (con un fondo transversal) de la laguna, así como la disposición original de las compuertas de salida (en el extremo oriente del fondo) genera grandes zonas de deposición de sedimentos por retorno en el extremo poniente del fondo transversal. La forma del fondo debe tender a una regulación geométrica e hidrodinámica que evite las zonas de flujo de retorno y que permita que los sedimentos decantados sean devueltos al río de forma expedita.

#### **CABEZALES DE TERRAZAS INUNDABLES**

Las terrazas inundables demostraron una gran efectividad al disipar la energía del río en sus tramos más erosivos, sin embargo, los extremos de dichas terrazas al estar conformados por puntas romas,

se vuelven un punto de generación de turbulencias y depositación de sedimentos. La reformulación de dichos cabezales debe tender a homologar las líneas de las contenciones con las de las terrazas.

#### **CONTENCIÓN DE ORILLA ORIENTE AL SUR DEL CERRO MAYACA**

Al igual que un pretil longitudinal de la laguna-tranque, se proyectó la protección de esta orilla con enrocado (materialidad simulada en el modelo). Las pruebas arrojaron que esta orilla sufre las mayores erosiones. Por este motivo, se elige al muro de contención como materialidad más apropiada para resistir la erosión.

#### **ESTRUCTURA DE PUENTES**

La alineación de los pilares de los puentes, así como la forma de su sección transversal, son factores a tener en consideración al momento de disponerlos en el río. El eje longitudinal del río no es siempre aquél que debe ser eje de las estructuras, más importante que éste es el recorrido curvado que tiene el río con sus curvas y contracurvas aún en sus tramos rectos.

#### **Elementos de la hipótesis refutados**

#### **ESPIGONES DEFLECTORES DE ENERGÍA**

#### **NECESIDAD DE NUEVOS ELEMENTOS HIDRÁULICOS**

#### **BOCATOMA DE LAGUNA-TRANQUE ALINEADA CON EL EJE DE ESCURRIMIENTO**

#### **ESPIGONES DISIPADORES DE ENERGÍA Y ORIENTADORES DEL FLUJO**

#### **PROTECCIÓN DE EROSIÓN Y CONTENCIÓN DE CAUDALES EN**

#### **ORILLA ORIENTE AL NORTE DEL CERRO MAYACA**

### **Fuentes de imágenes**

F1 - F4	Planimetrías realizadas por autor
F5 - F16	Fotografías tomadas por autor
F17 - F22	Dibujo digital realizado por autor
F23 - F31	Fotografías tomadas por autor
F32	Planimetría realizada por autor
F33 - F40	Fotografías tomadas por autor
F41	Planimetría realizada por autor
F42 - F49	Fotografías tomadas por autor
F50	Planimetría realizada por autor
F51 - F58	Fotografías tomadas por autor
F59	Planimetría realizada por autor
F60 - F67	Fotografías tomadas por autor
F68	Planimetría realizada por autor
F69 - F72	Fotografías tomadas por autor





## F/ RESULTADOS

Configuración de un plan maestro para la incorporación de una zona de actividad logística en Quillota y de la caja del río Aconcagua con los elementos hidráulicos que permiten el control de las aguas en periodos de estío y crecida, recuperando el valor del río como elemento recreativo, paisajístico y estructurador de la trama urbana de la ciudad. Se desarrolla un deck-rambla sobre la estructura diseñada para garantizar la renovación de aguas del espejo de agua en la plaza de río.



F1



F2



F3

## resultados/ CONTEXTUALIZACIÓN

### F2 Contexto Mundial

Así como el océano Atlántico fue el escenario de las grandes travesías y rutas comerciales de la segunda mitad del segundo milenio. En la actualidad la globalización impone un nuevo marco de relaciones económicas, considerando que en el siglo XXI, las proyecciones de crecimiento se dirigen hacia la cuenca del Pacífico. Sobre ella se abre el continente más poblado y activo económicoamente, allí se encuentran cuatro de las economías mas extensas del mundo, como lo son Estados Unidos, Canadá, Rusia y China; tres de las economías más dinámicas como son Indonesia, Singapore y Japón; y economías intermedias como Australia, Nueva Zelanda, Chile, Perú, Colombia, Ecuador y México. Las experiencias empíricas han demostrado que los países que más se han integrado con sus vecinos y con las redes de comercio mundial, han crecido y aumentado el bienestar de sus habitantes en mayor medida.

### Contexto Continental

La importancia estratégica del Pacífico en la economía mundial vuelve urgente en América del Sur la necesidad de contar con una salida segura y confiable hacia este océano, actualmente no existe una conexión física constante.

El 83% de la carga del cono sur viaja por mar, usando rutas más largas y costosas, como son el Estrecho de Magallanes o El paso Cristo redentor, este último está a punto de colapsar su capacidad vial, y a pesar de ello dos de cada tres toneladas pasan por aquí hacia y desde el resto del continente. Esto se explica porque en su eje se concentran las principales ciudades, centros productivos, economías y puertos, tales como Valparaíso, Santiago, Buenos Aires, Asunción, Montevideo, Porto Alegre y Río de Janeiro, las cuales concentran el 48% de la población total del continente y el 70% del producto interno bruto (PIB) que se genera en la región.

Por ende para su optimización, este paso es el que se debe ampliar, y para ello en la actualidad se están haciendo los estudios en conjunto entre Chile y Argentina para la construcción del tren de baja altura, el cual permitirá tener un paso seguro y abierto los 365 días del año.



F4

#### Contexto País

La posición de Chile, en este escenario, abre oportunidades de desarrollo económico a todas escalas. Al poseer más de 4.000 km de costa frente al océano Pacífico, la capacidad de Chile para consolidarse como puerta continental al resto del continente de las importaciones del Asia-pacífico, parecen sólo tener piedra de tope en las limitaciones geográficas que impiden la total conectividad continental.

El paso por la cordillera de los Andes es actualmente difícil y sometido a las variables climáticas. Para salvar esta distancia, es que para el año 2022 se inaugurará el 'corredor bi-oceánico Aconcagua', posible por la construcción de un tren de baja altura que atravesará 52 km de cordillera con una capacidad de carga de 24 millones de toneladas al año en su primera etapa.

Ante las nuevas posibilidades que abre dicha infraestructura, la nueva debilidad a la que se enfrenta el país es su capacidad portuaria. Es por esto que se propone un nuevo cabezal portuario en Concón, llamado 'Puerto Aconcagua'

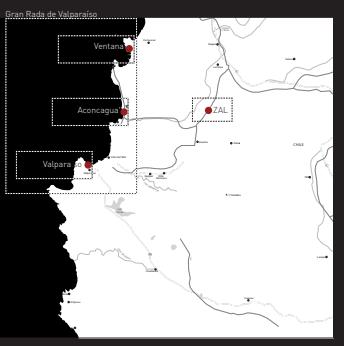
#### Contexto Regional

Dicho puerto en la desembocadura del río Aconcagua, en concordancia con las tendencias portuarias mundiales, no trabaja como una unidad puntual, sino que se funde en la trama territorial configurando un nuevo cabezal portuario para el continente que consta de 3 puertos:

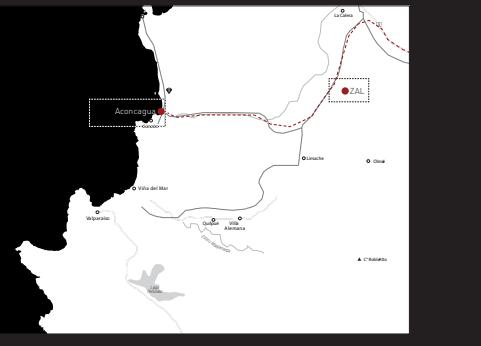
- Puerto Aconcagua como puerto de contenedores, destinados a abastecer a la región atlántica del continente.
- Puerto de Valparaíso como puerto patrimonial y de pasajeros, conservando su flujo de carga actual con destino y origen nacional.

- Puerto de Ventanas como puerto granelero y de materiales peligrosos.

Esta triada portuaria funciona de forma integrada con el tren de baja altura en Los Andes, y se extiende hacia el interior del valle del Aconcagua proyectando una zona de actividad logística en Quillota y un puerto seco en Los Andes



F5



F6

#### Contexto Ciudad

El verdadero negocio no está solo en transportar la carga desde Asia hacia el interior de América, sino en darle valor agregado a esos productos. Es por esto, que la zona de actividad logística que se propone para Quillota permitiría terminar en Chile los procesos de manufacturación de los productos importados y ser exportados con denominación chilena.

Quillota es la ubicación idónea para esta actividad, al ubicarse en el recorrido vial de la carga desde el puerto Aconcagua hacia los Andes, en sentido oriente – poniente, y en las proximidades de la ruta 5 norte: principal arteria nacional en sentido norte – sur. A la vez que tiene la holgura necesaria para dar cabida a dicha zona industrial en concordancia con su magnitud actual y sus expectativas de crecimiento

#### Plan Maestro

para la incorporación de una Zona de Actividad Logística en Quillota. La incorporación de la Z.A.L. en Quillota tiene 3 áreas de desarrollo principales:

- Zona de actividad logística propiamente tal: corresponde al sector destinado a la instalación de las industrias, rutas de carga, estación ferroviaria intermodal, etc.

- Caja hidráulica del río Aconcagua: tesis desarrollada en el magíster Náutico y Marítimo. Infraestructura técnica que permite ganar terrenos al río, dar forma a sus orillas, proteger a la ciudad de las crecidas y recuperar el agua fluvial como parte de la cultura de la ciudad.

- Waterfront: corresponde a la infraestructura urbana que sostiene la vida de la ciudad junto al río, transformando el eje de su cauce en un elemento estructurador de la ciudad. Es parte de este frente fluvial el parque deportivo (proyecto de título 2 de Jayson Hassan P.), el parque habitacional (proyecto de título 3 de Jean Araya G.) y la zona centro con el portal Aconcagua.

## PLAN URBANO PARA QUILLOTA

La zona de actividad logística propuesta consta de una serie de instalaciones industriales, de acopio y transporte, destinadas a convertir a Quillota en un punto crucial para el eje comercial del corredor bi-oceánico desde el puerto Aconcagua, respetando la actual fisionomía de la ciudad y sus proyecciones de crecimiento. La zona industrial, en co-dependencia con el puerto en Con-con, permitiría dar valor agregado a los productos importados (principalmente del Asia-pacífico) y exportar los productos con rotulación chilena al resto del continente.

A su vez, el plan maestro propuesto comprende una serie de elementos destinados a recuperar la relación entre ciudad y el río Aconcagua, estructurar el crecimiento de la ciudad en torno a un nuevo centro urbano de servicios, generar nuevos polos de educación secundaria y superior especializada, y mitigar el impacto ambiental de las industrias con un corredor biológico que permita sostener los ecosistemas nativos.





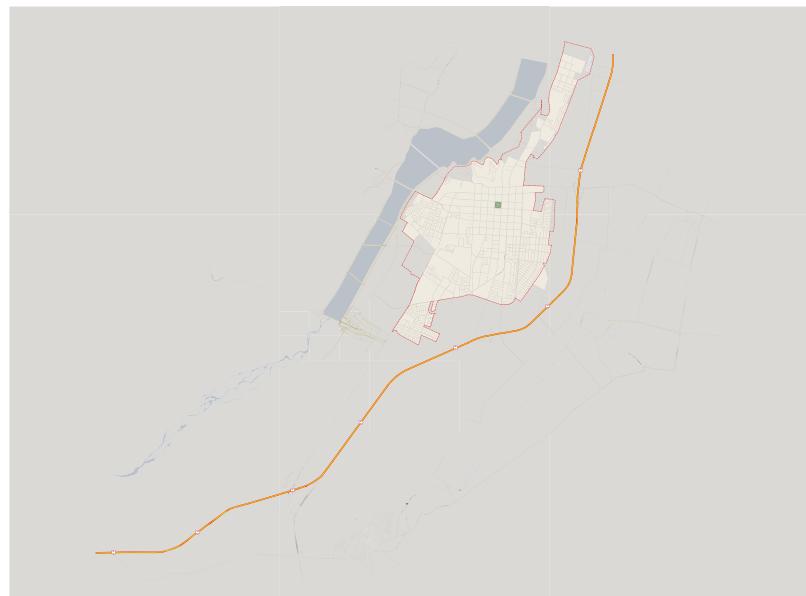
F8 Rutas actuales de la ciudad y su perímetro



F9 Rutas secundarias que conectan las anteriores con las principales rutas interurbanas y la 60ch



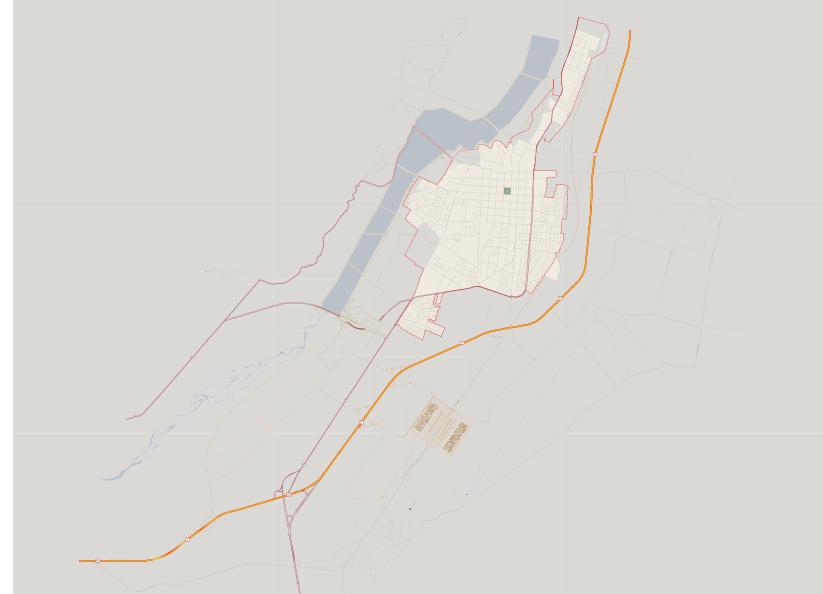
F10 Rutas interurbanas que conecta a Quillota con el resto de las ciudades de la región



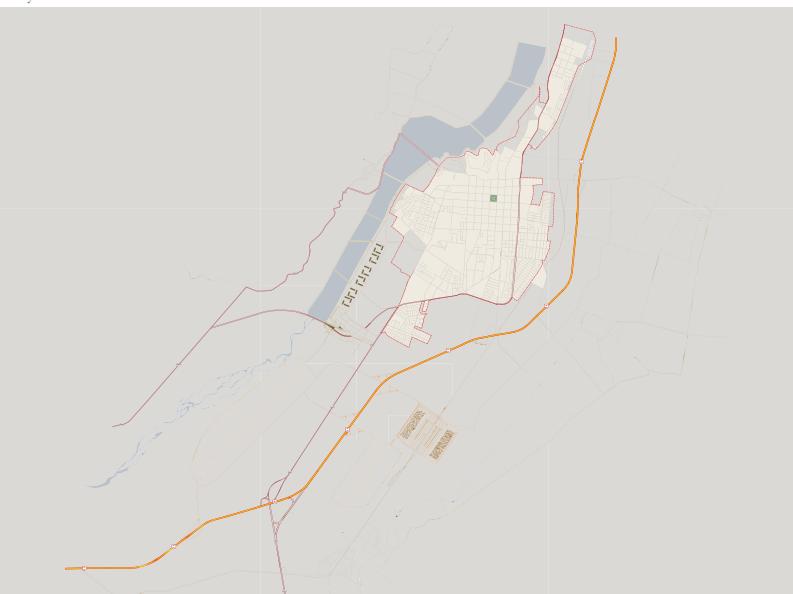
F11 Rutas 60-CH, principal arteria de conexión del corredor bioceánico



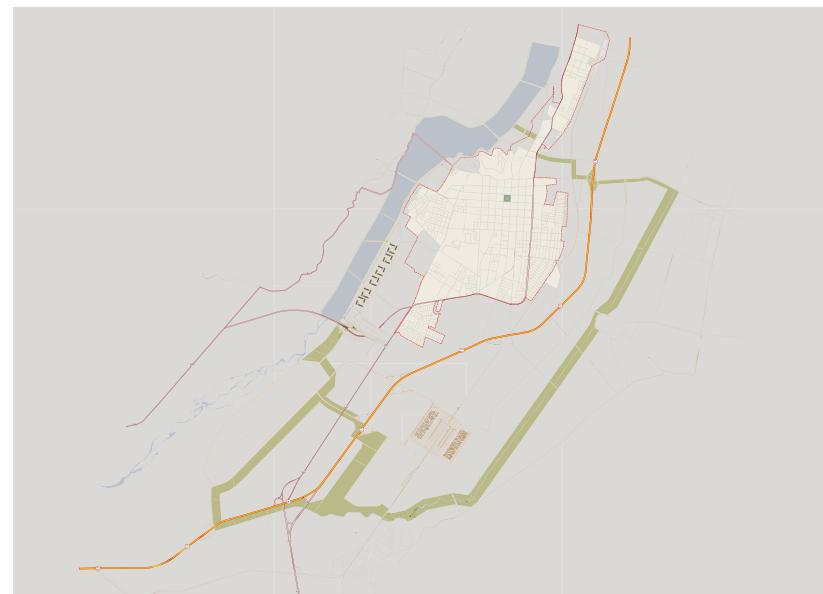
F12 Rutas exclusivas para el transporte de carga, arterias de conexión de la ZAL con la intermodal y la ruta 60CH



F13 Estación intermodal



F14 Zona de proyecto Conjunto Habitacional y Portar Aconcagua



F15 Corredor biológico



### Corredor Biológico F16

Pretende unir, sin solución de continuidad, espacios con paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados, que faciliten el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos, facilitando la migración, y la dispersión de especies de flora y fauna silvestres.

Los corredores constituyen una de las estrategias posibles para mitigar los impactos causados en los hábitats naturales por actividades industriales, la agricultura y forestación industriales, la urbanización y las obras de infraestructura, tales como las carreteras, líneas de trasmisión y represas.

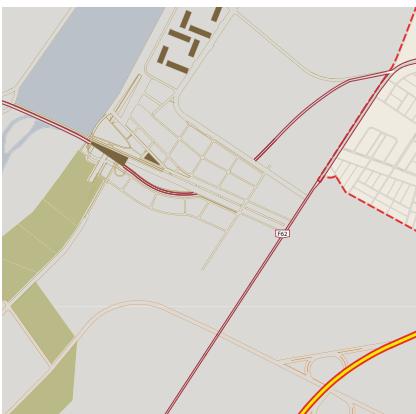
Los conceptos de corredor biológico y corredor ecológico son recientes y están en evolución, se derivan de la ecología del paisaje, una de las ramas de la biogeografía.



### Zona Residencia F17

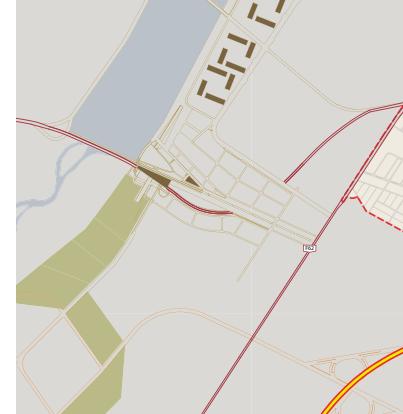
- Límites: Al norte con la zona residencial "El belloto", al poniente con el corredor biológico, al oriente con la zona residencial "Las viñas de Quillota" y al sur con el corredor biológico.

- Usos de suelo: Residencial de densidad media.



### Zona Centro de Operaciones ZAL Portal Comercial F18

Corresponde al hito principal de una nueva zona céntrica necesaria para dar vida pública a la nueva ciudad industrial producto de la incorporación de la Z.A.L. Se desarrolla la planificación urbana para una zona céntrica de servicios, entretenimiento, zonas de oficinas, etc. Ordenada a través de un eje peatonal entre el río Aconcagua y el cerro 'La Campana' que decanta en una plaza de río en donde se emplaza el portal Aconcagua: edificio centro de operaciones logísticas de la Z.A.L. que vela por su coordinación tanto interna como externa y se abre al espacio público como feria y portal comercial.



### Zona Centro F19

Dicha zona céntrica viene a conformarse como un área que alberga edificaciones destinadas a:

- Prestar servicios a la población: bancos, comercio, servicios administrativos municipales, sucursales de energías de consumo, etc.

- Entretenimiento: Restaurantes, cafeterías, discotecas, bares, cines, teatros y otros espacios culturales.

- Desarrollo empresarial: edificios de mediana y gran altura con oficinas de diversa índole.

- Estacionamientos.



### Conjunto Habitacional Quillota F20

Considerando la importante explosión demográfica que genera la implementación de la ZAL. Es necesario dar cabida, a este gran número de nuevos ciudadanos en un lugar que les permite una calidad de vida superlativa junto al corredor biológico.



### Zona estación de pasajeros Z.A.L. F21

- Emplazamiento: La estación de pasajeros de la ZAL se ubica adosada a la línea férrea al norte de la estación intermodal.

- Destinación: Edificación que permite el acceso de los trabajadores de la ZAL desde la otra estación de Quillota o desde otras provincias.



### Estación intermodal / sector de acopio F<sup>22</sup>

Instalaciones de transporte intermodal de contenedores, que permita el paso directo del camión con contenedores a la red ferroviaria que interconecta al Puerto Aconcagua con las instalaciones del puerto seco en Los Andes y su funcionamiento con el tren de baja altura.

Se destinan áreas de acopio de contenedores y bodegaje de carga especializada (por ejemplo, que requiera refri-geración) así como el equipamiento técnico que garantice la fluidez de la estiba de la carga.



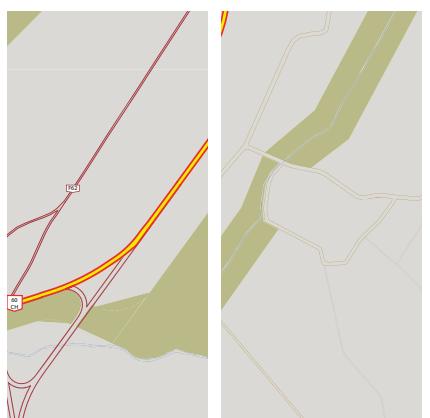
### Zona de Actividad Logística F<sup>23</sup>

Instalaciones industriales, bodegas y construcciones de apoyo al proceso industrial y al recurso humano que trabaja en la industria.

1. Zona de actividad logística primaria  
(182,5 Has: 18 macromanzanas de aproximadamente 10 Has. 1 a 3 industrias por macromanzana, equivalentes a un máximo de 54 industrias)

2. Zona de actividad logística secundaria  
(74,5 Has: 8 macromanzanas de aproximadamente 9 Has.  
1 a 3 industrias por macromanzana, equivalentes a un máximo de 24 industrias)

Zona de actividad logística total: 257 Has con capacidad de albergar 78 industrias

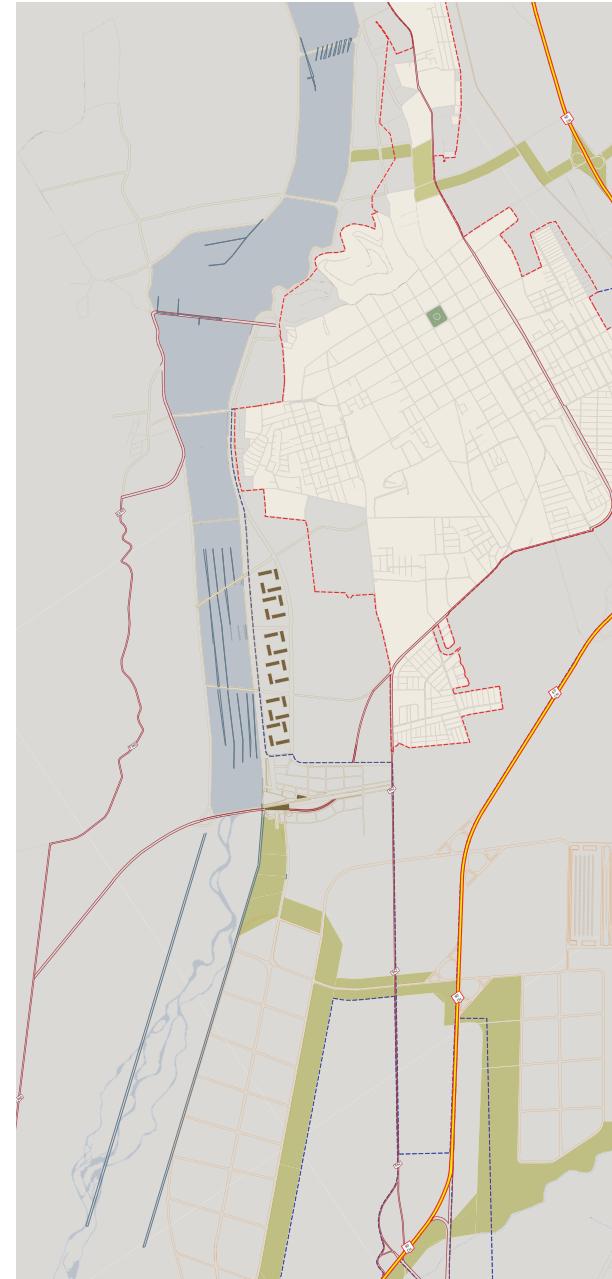


### Núcleos Educacionales F<sup>24</sup>

Corresponde a áreas emplazadas estratégicamente para desarrollarse como polos de desarrollo de una cultura local en pos de sus dos mayores motores económicos:

- Núcleo educacional agropecuario
- Núcleo educacional industrial

Con instalaciones educativas de nivel básico, medio-técnico, medio-profesional, superior técnico y superior profesional destinadas a preparar la mano de obra a trabajar tanto en la industria como en el campo.



### Caja Hidráulica del río F<sup>25</sup>

#### Parque deportivo

Área de parque recreativo que comunica el sector céntrico de la ciudad con el sector del El Boco. Este paso resulta importante como complemento al único puente existente para llegar a esta localidad, y de esta manera lograr una mejor conectividad entre el sector rural y el sector urbano de la ciudad. Este parque se encuentra en las orillas de una laguna-tranque.

La laguna, además de ser un elemento paisajístico y recreativo para la ciudad, tiene una función principal de ser un reservorio de agua para el sector agrícola cuando es asolado por la sequía. Este tranque aprovecha el agua del río en sus crecidas para abastecerse, y tiene la posibilidad de contener agua que se va renovando a través de un sencillo sistema de captación y desague para evitar el afloramiento de algas y de microorganismos nocivos para la salud humana, ya que esta también puede ser usada como balneario de la ciudad.

#### Conjunto habitacional

Comprende 4 súper-manzanas entre los límites de la ciudad y el eje del lecho del río. En estas manzanas se ubican conjuntos habitacionales de densidad media-baja, en directa relación con parques públicos, inscritos en un anillo-corredor biológico que circunvala la ciudad.

#### Terrazas inundables

Corresponde a la zona poniente del eje del lecho del río Aconcagua, entre su contención de caudal mínimo y el límite de la máxima crecida. Se plantean estructuras de suelos y contenciones menores para mantener la linealidad del curso fluvial en todos sus posibles caudales. Se propone una gran zona parque-corredor biológico, de carácter público

#### Rambla

Largo público que se inscribe entre el parque habitacional y el eje del lecho del río. Busca ser un paseo de rivera que se conforme como la fachada de la ciudad y su relación directa con el río Aconcagua. La rambla se divide en tres franjas paralelas de aproximadamente 10 m cada una y con desniveles que le otorgan el ritmo a las circulaciones.

Zona que busca complementar los centros de equipamiento y servicios urbanos ya existentes, conformándose una nueva área céntrica acorde a las expectativas de crecimiento planteadas por el plan regulador comunal. En este proyecto se ubica el centro comercial y de operaciones logísticas de la zona de actividad logística, edificio que se abre como espacio público en donde se concentran las actividades de todas las empresas de la Z.A.L.

## CAJA HIDRÁULICA DEL RÍO ACONCAGUA F25

Tras el análisis derivado de la prueba del modelo fluvial Aconcagua, podemos proponer una nueva secuencia de elementos hidráulicos destinados a volver al río un espesor urbano habitable. Dichos elementos permitirían garantizar dicha habitabilidad de forma completa en caudales para un periodo de retorno de hasta 10 años, y evitar los estragos posibles de las crecidas esperadas hasta 200 años.

### Elementos de Protección

Se decidió trabajar con tres tipos de elementos de protección y distribuirlos según los requerimientos que cada tramo del río requiere:

-Muros de contención: Corresponde a estructuras monolíticas que salvan la distancia vertical entre el lecho del río y el borde de la ciudad. Permite maximizar la habitabilidad de las partes protegidas, a la vez que su terminación lisa y continua reduce al máximo la erosión en dichos bordes y la infiltración. Es usado en las orillas en dónde se estima que el río adquiera sus mayores velocidades.

-Gaviones: corresponde a un modo de protección del río de gran continuidad geométrica horizontal y de disposición meramente gravitacional. Sin embargo, permite la infiltración de agua y la acumulación de sedimentos a menor escala, su estructuración apilable rompe la continuidad vertical. Es usado a modo de contención de las terrazas inundables y en orillas donde no se esperan grandes velocidades de flujo.

- Enrocado: Forma de contención mediante la disposición gravitacional y calzada de grandes rocas, permite proteger las orillas de las crecidas al recibir al río y disipar parte de su energía oponiendo resistencia a su flujo. Debido a estas turbulencias, en bajas velocidades acumulan sedimentos y en altas velocidades dan pie a la erosión del lecho aledaño. El enrocado es usado para proteger orillas que esperan bajas velocidades y aquellas en las que no se ha dispuesto un espesor habitable definido.

### 1/ ESPIGONES ORIENTADORES DEL FLUJO – DEFLECTORES DE ENERGÍA.

Marcan el inicio de la construcción de la caja hidráulica del río Aconcagua en Quillota, corresponden a 8 espigones que re-orientan el flujo hacia la bocatoma de la laguna-tranque a la vez que tueren el curso natural del río para reducir su energía. La disposición paralela de dichos espigones evita la sedimentación observada en los espigones del modelo.

### 2/ BOCATOMA DE LAGUNA-TRANQUE.

Serie de compuertas orientadas en el extremo norte de la laguna-tranque que permitirían regular el ingreso de agua según las necesidades y cantidad de agua disponible.

### 3/ PRETIL.

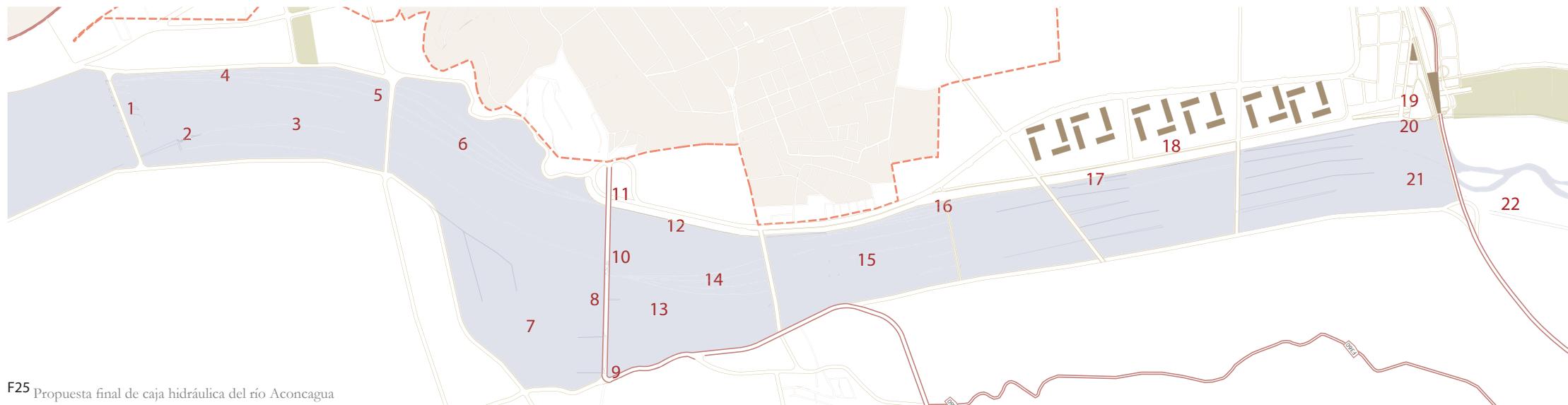
Corresponde a una estructura similar a la del muro de contención que está destinada a contener el agua de la laguna-tranque y conservar la cota de su tramo superior.

### 4/ CABEZAL NORTE DE TERRAZAS INUNDABLES ORIENTE.

Punto donde el muro de enrocado de la contención al norte de la intervención al lecho pasa a segmentar su vertical en los gaviones que delimitan las terrazas inundables oriente.

### 5/ TERRAZAS INUNDABLES ORIENTE.

Tres plataformas contenidas por gaviones destinadas a disminuir el impacto del río en el cerro Mayaca y los efectos



F25 Propuesta final de caja hidráulica del río Aconcagua

de la erosión por la aceleración centrífuga del curso fluvial en este punto de inflexión.

#### 6/ CABEZAL SUR DE TERRAZAS INUNDABLES PONIENTE.

Punto donde los gaviones de las terrazas inundables oriente se unen conservando una continuidad geométrica que da lugar al muro de contención de la orilla oriente en el Cerro Mayaca.

#### 7/ TERRAZAS INUNDABLES DE LAGUNA-TRANQUE.

Terrazas que dan forma a la contención del agua de la laguna-tranque, su geometría fue modificada para evitar sedimentación por retorno.

#### 8/ COMPUERTA DE LIMPIEZA DE FONDO.

Compuertas que, alineadas con un eje hundido en el fondo de la laguna, permiten cada cierto tiempo arrastrar fuera de la laguna los sedimentos acumulados y decantados por las aguas del río represadas.

#### 9/ COMPUERTA DE REBALSE.

Permite mantener la cota de agua de la laguna-tranque a la vez que se arrastran los sedimentos en suspensión superficial.

#### 10/ CANALIZACIÓN.

Permite transportar el agua desde la compuerta de rebalse, en una estructura anexa al puente pretil, hacia los canales y estanques recreativos en la orilla oriente del río Aconcagua.

#### 11/ ESTANQUE REGULADOR DE CAUDALES.

Estanque que permite filtrar el agua canalizada, regular la cantidad y velocidad del agua que se entrega a los canales hacia el sur y decantar los sedimentos que se pueden llevar.

#### 12/ MURO DE CONTENCIÓN ORILLA ORIENTE (C° MAYACA).

Tramo de la orilla oriente sujeta a diversos efectos turbulentos que se protege mediante un muro de contención.

#### 13/ ENROCADO DE PROTECCIÓN ORILLA PONIENTE.

Enrocado que delimita la máxima contención del río (que en estos tramos alcanza un espejo de agua de aproximadamente 250 metros) para las máximas crecidas esperadas.

#### 14/ CABEZAL NORTE DE TERRAZAS INUNDABLES PONIENTE.

Punto donde comienzan las terrazas-parque inundables poniente y donde se presentan las turbulencias y aceleraciones provocadas por la salida del agua con sedimentos de la laguna-tranque.

#### 15/ TERRAZAS-PARQUE INUNDABLES PONIENTE.

Terrazas estructuradas con bordes de gaviones que reducen la energía del escurrimiento y la aceleración de la salida de la laguna, orientando el curso fluvial hacia la orilla oriente.

#### 16/ TERRAZAS DEFLECTORAS DE ENERGÍA.

Tramo menor del río en donde el modelo arrojó una erosión provocada por un cambio en la geometría del curso fluvial. Estas terrazas rectifican la línea del lecho del río y reducen la energía erosiva del río acelerado.

#### 17/ MURO DE CONTENCIÓN ORILLA ORIENTE.

Muro monolítico que protege la orilla oriente en los tramos de mayor habitabilidad proyectada: zona de rambla, parque habitacional y nueva zona centro. El muro de contención evita los efectos erosivos del río acelerado por el encausamiento de sus aguas hacia esta orilla.

#### 18/ ESTANQUES RECREATIVOS.

Mediante las contenciones del agua canalizada se generan estos estanques de uso deportivo y recreativo (balneario) asociados a la rambla y al parque habitacional.

#### 19/ PLAZA DE RÍO.

Contención de agua de carácter paisajístico, recreativo y deportivo que acumula las aguas ya limpias y filtradas de las canalizaciones que la preceden. Rodeada por una zona de parque urbano, se configura como en el corazón de una nueva zona centro para la ciudad.

#### 20/ REBALSE.

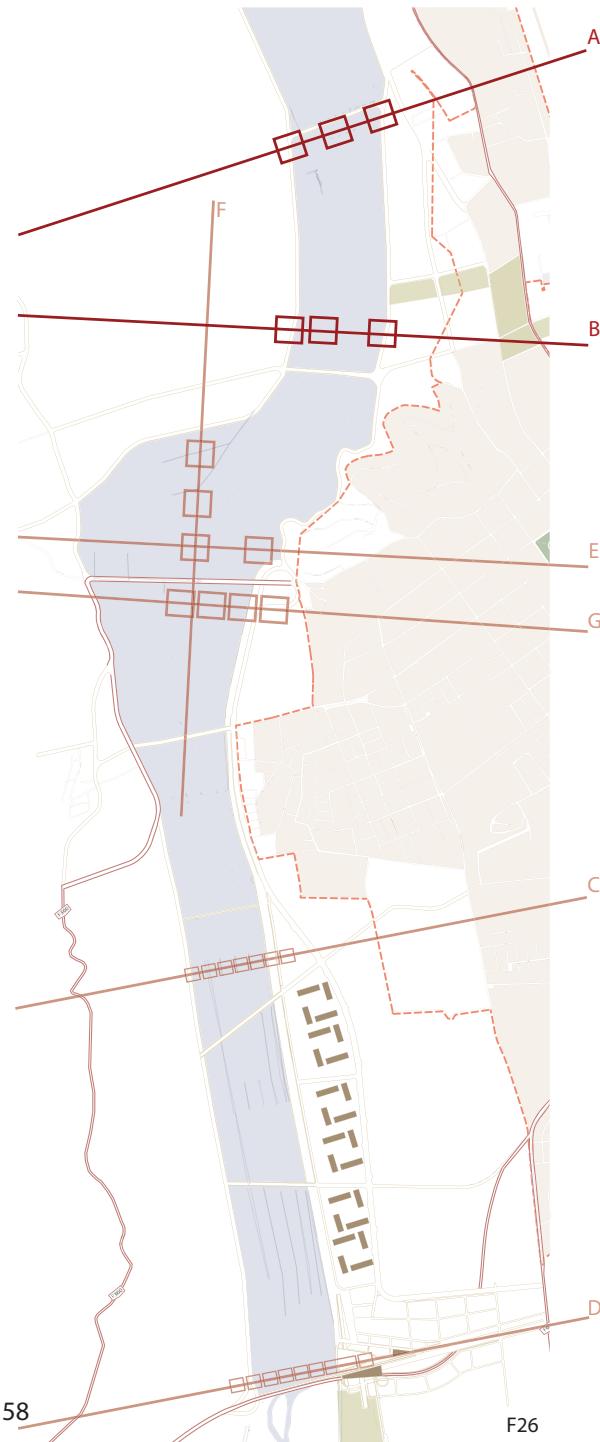
Cota que mantiene la profundidad del cauce y permite evacuar las aguas canalizadas y devolverlas al río.

#### 21/ CABEZAL SUR DE TERRAZAS INUNDABLES PONIENTE.

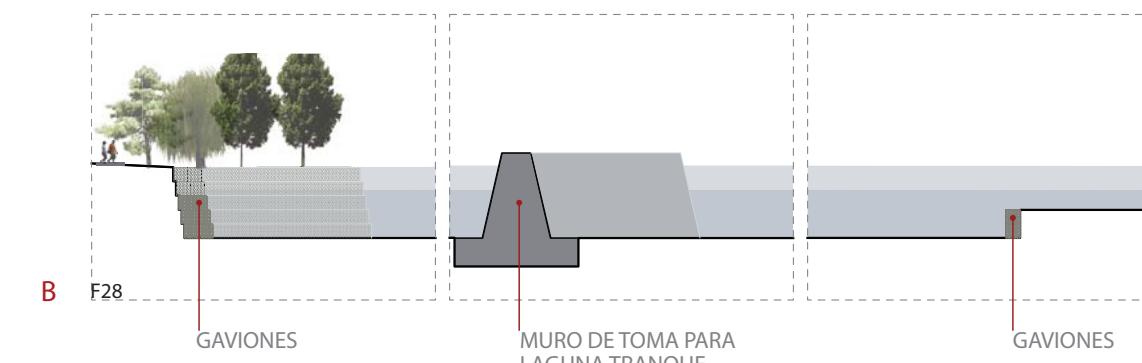
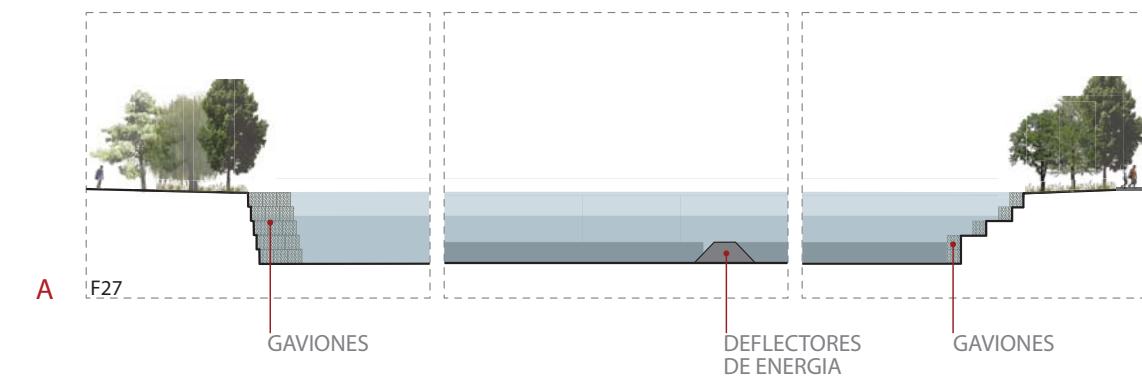
Las terrazas inundables y su estructuración de gaviones se vuelven a juntar en los enrocados de protección. En este tramo el lecho del río vuelve a su ancho original.

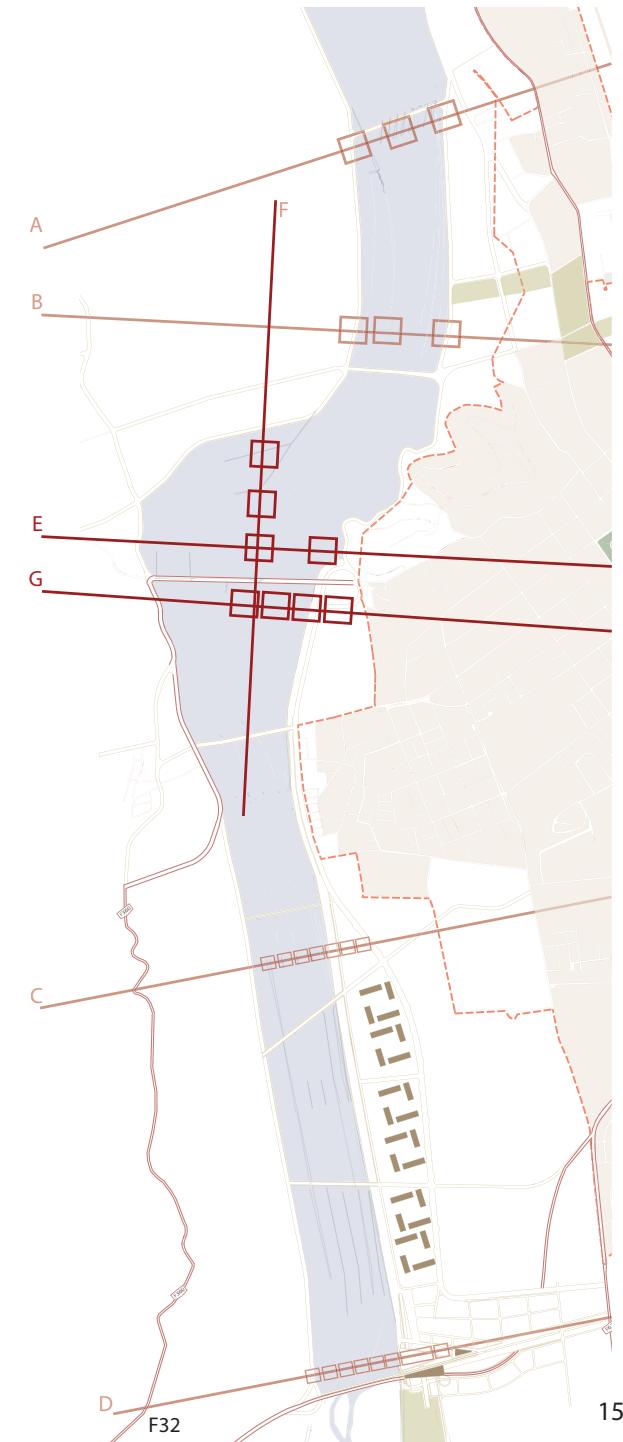
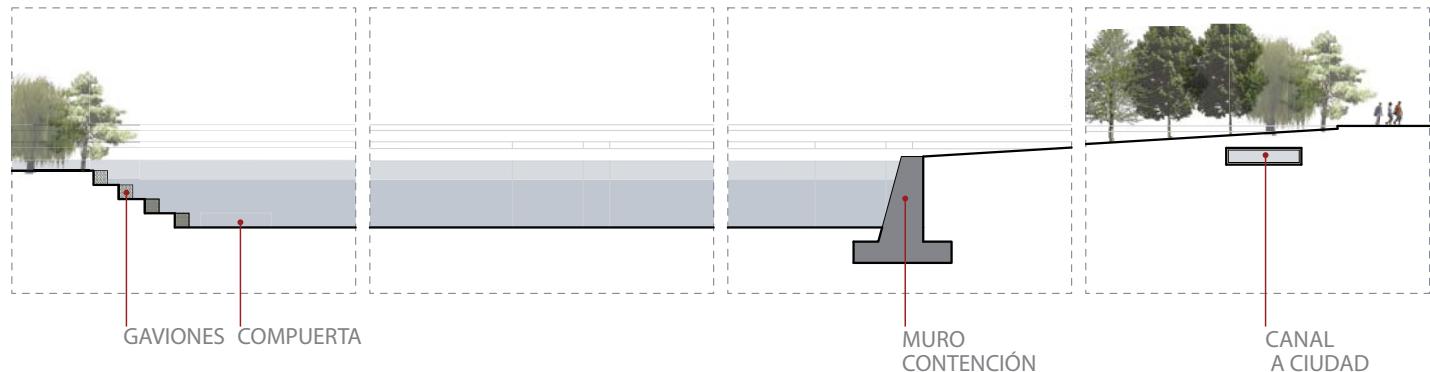
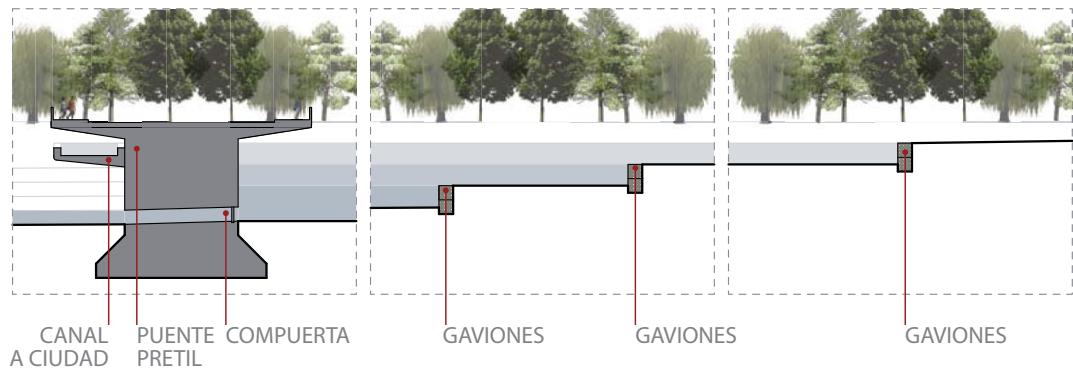
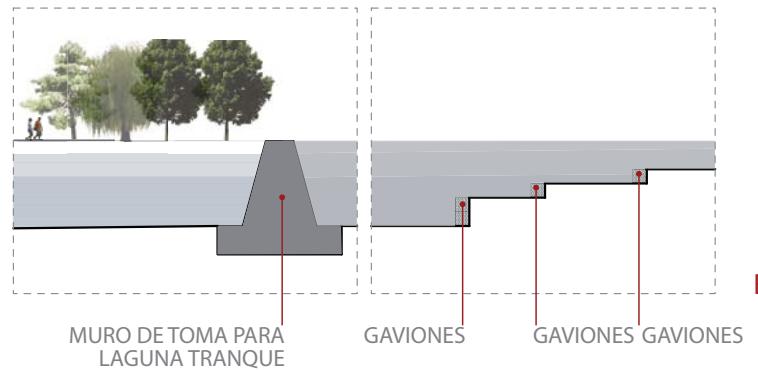
#### 22/ ENROCADOS DE PROTECCIÓN AL SUR DEL PUENTE 'RAUTÉN'.

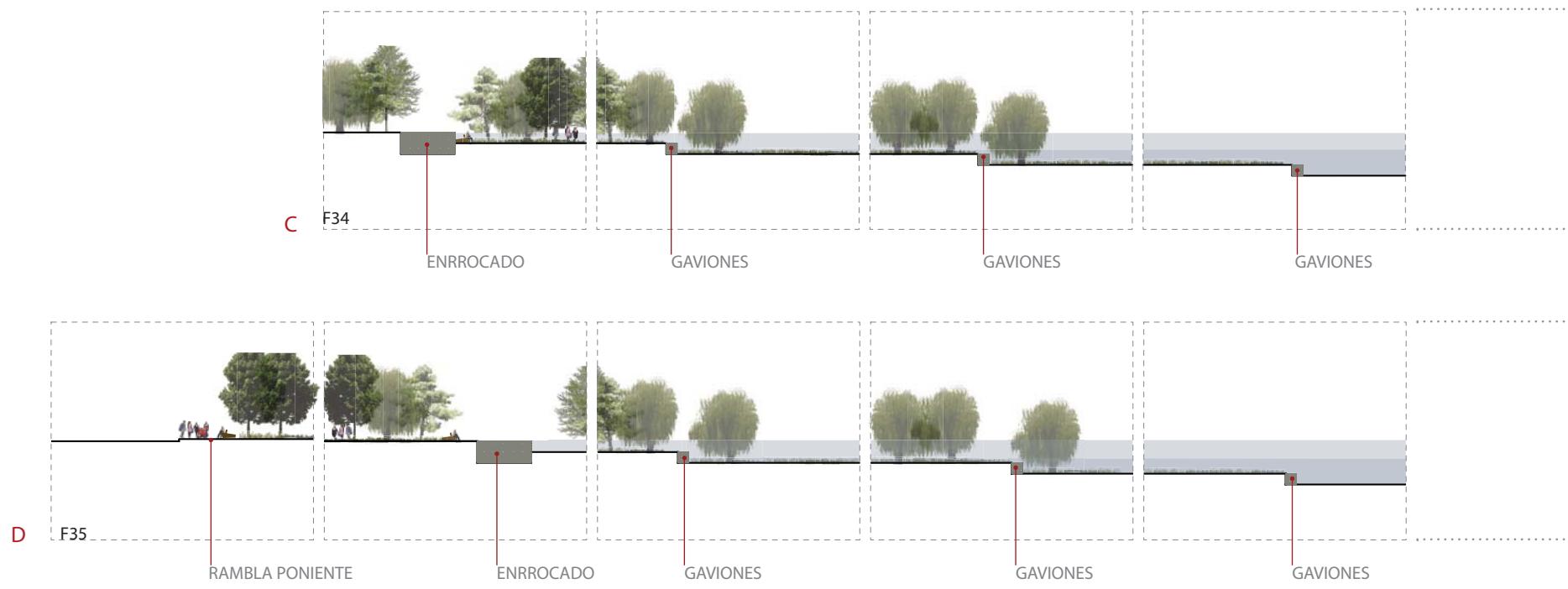
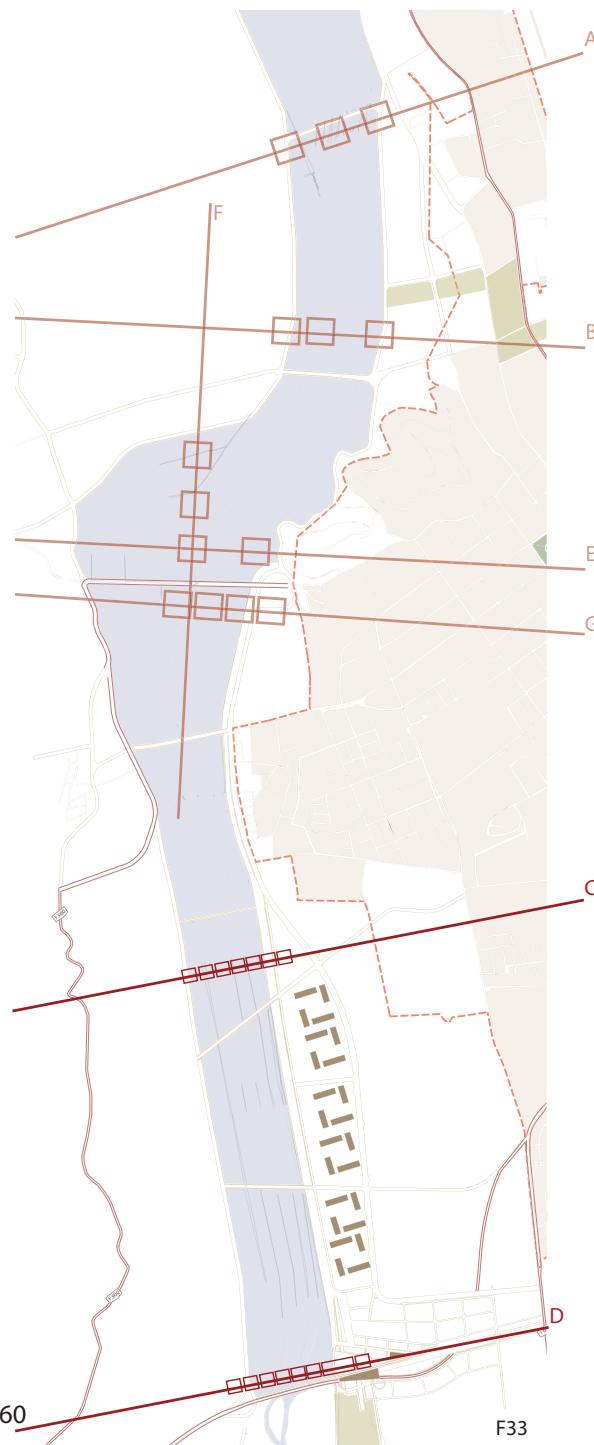
Los enrocados al sur del puente 'Rautén' permiten mantener un ancho máximo del lecho del río sin intervenir, lo que permite que el río vuelva a su trazo meandriforme normal. El terreno que esta contención de caudales recupera para la ciudad permite incorporar la zona de actividad logística sin quitarle a la ciudad áreas con otra destinación de uso de suelo.

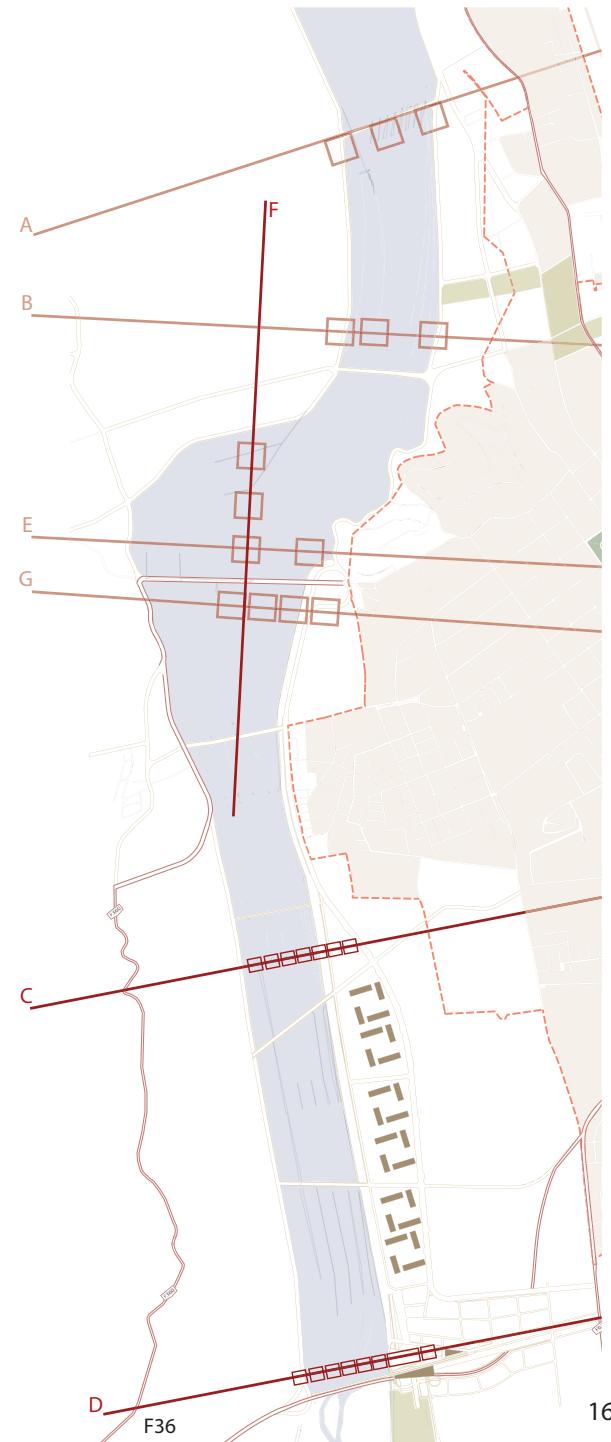
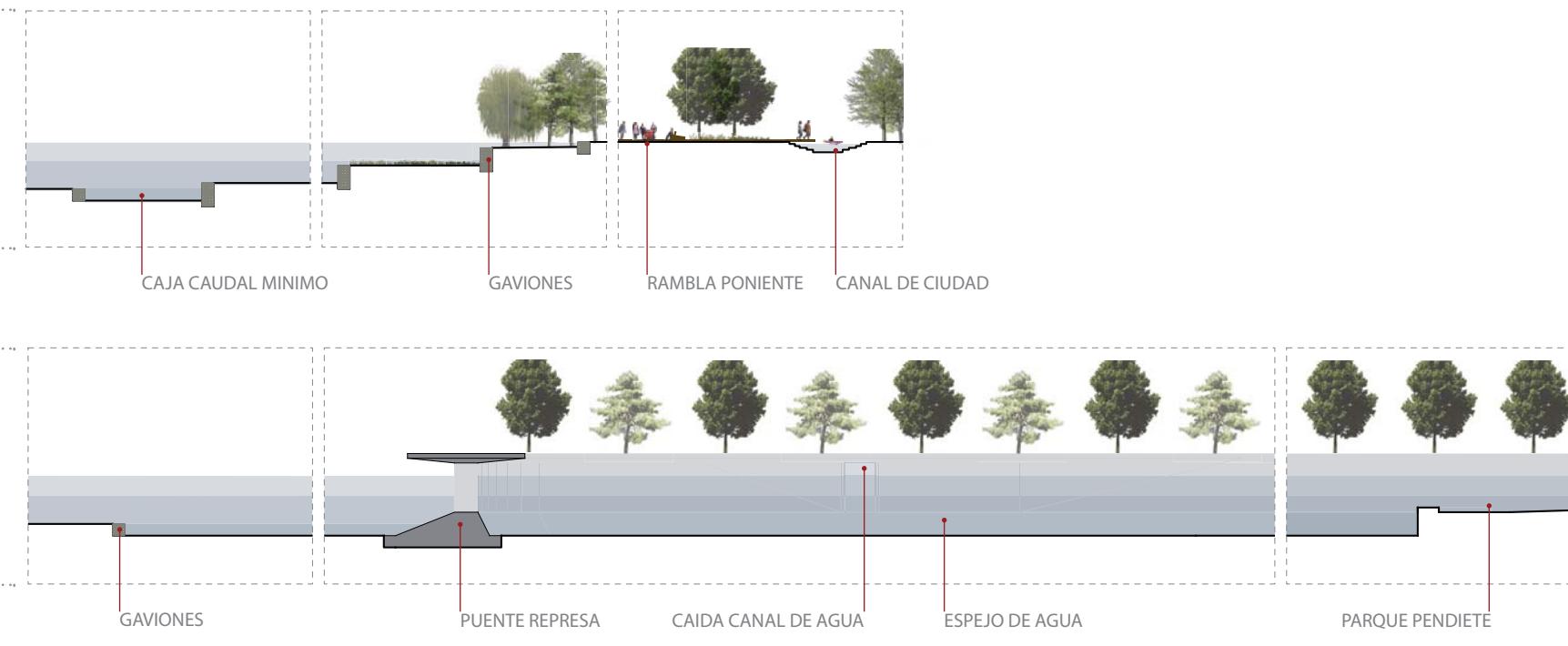


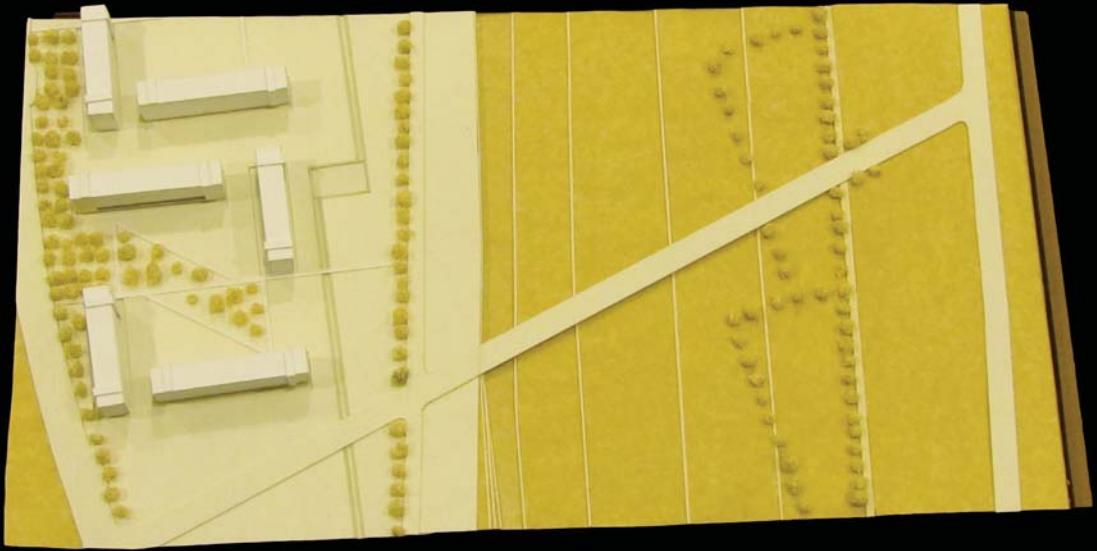
## CORTES DEL RÍO





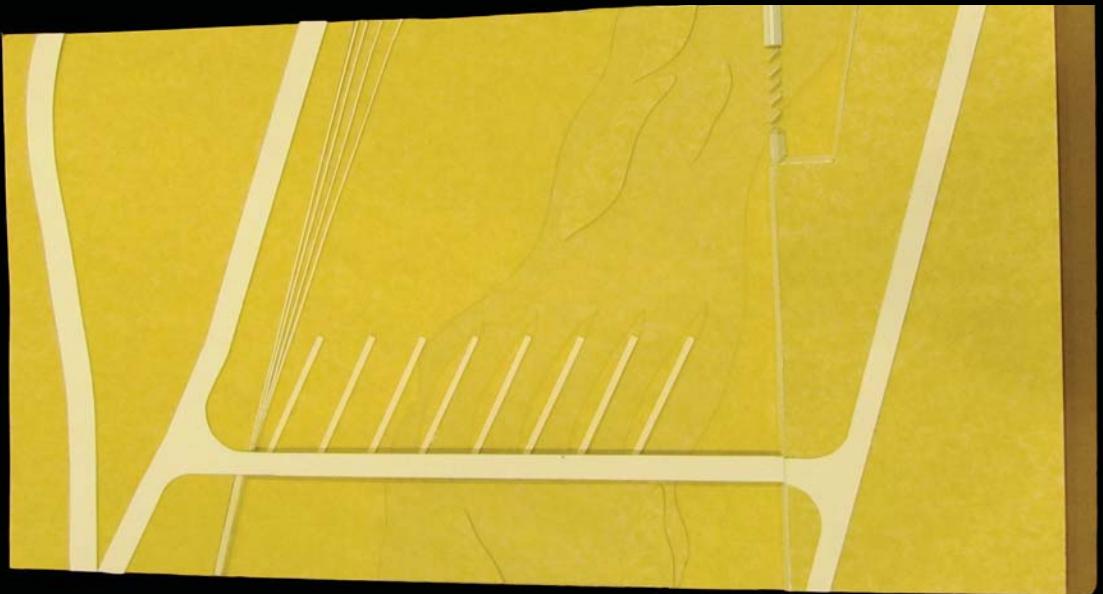




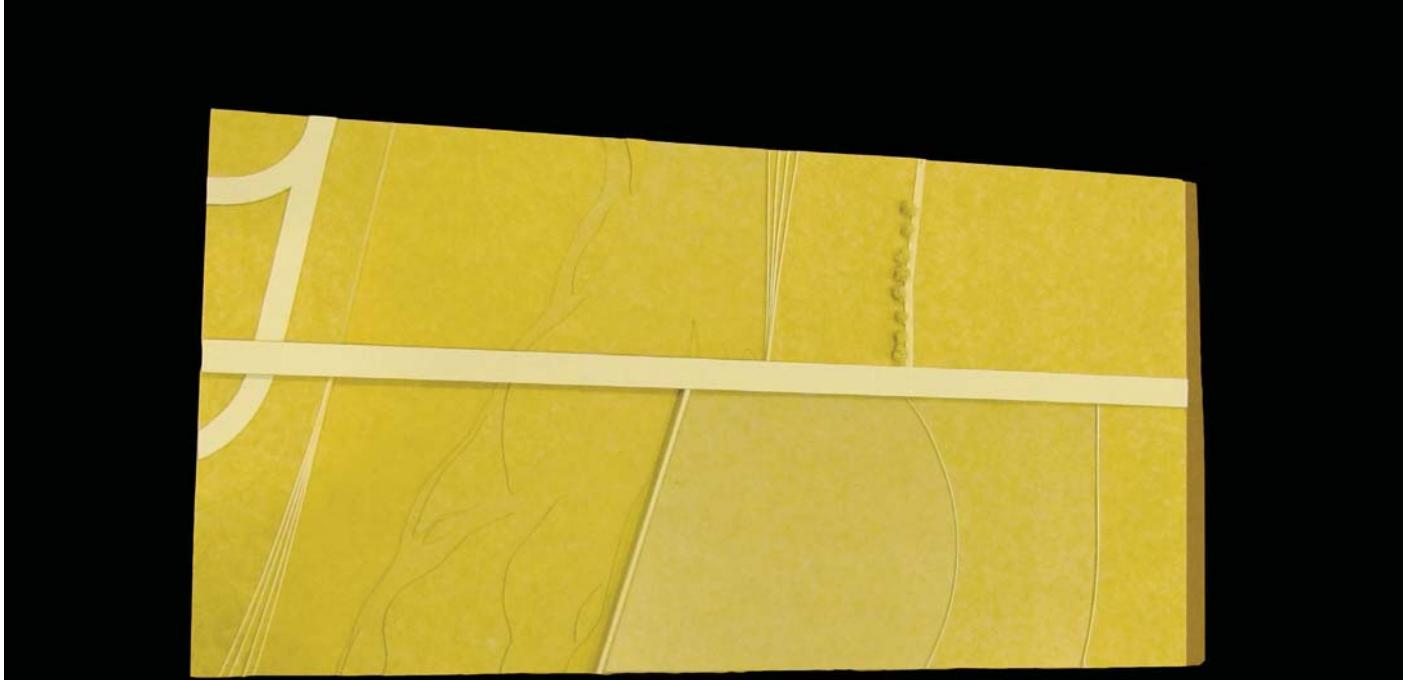


## MAQUETAS

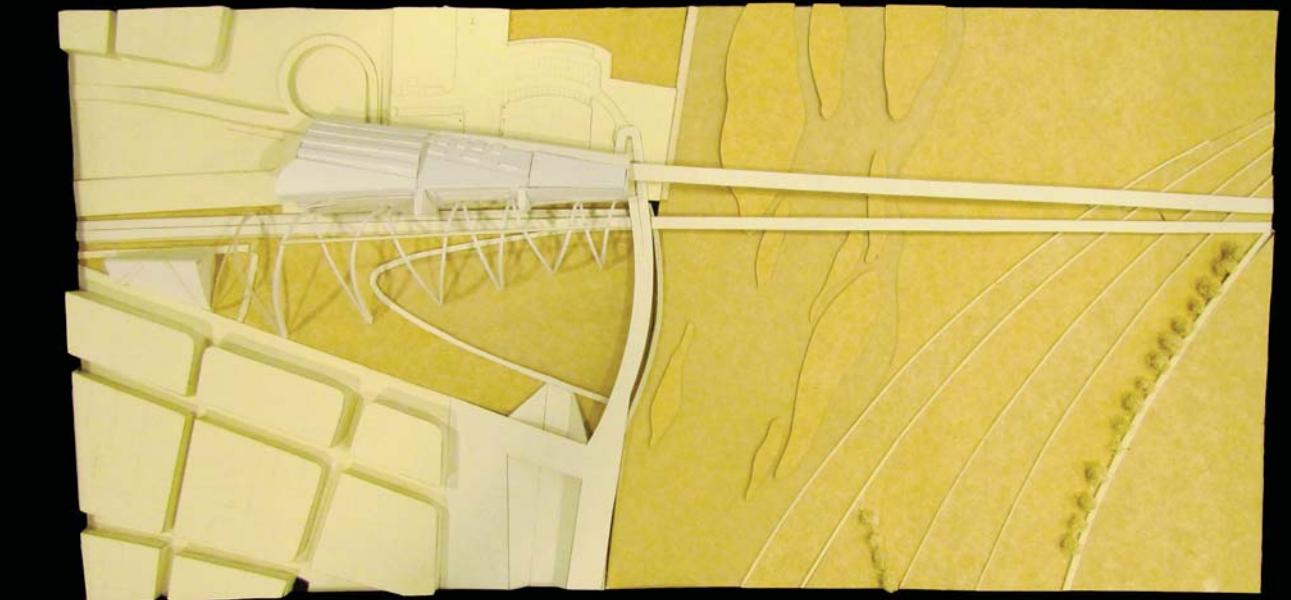
F37 Maqueta esc 1:1000 de fragmento 1 de la caja hidráulica para el río Aconcagua:  
Cabezal norte con espigones disipadores de energía



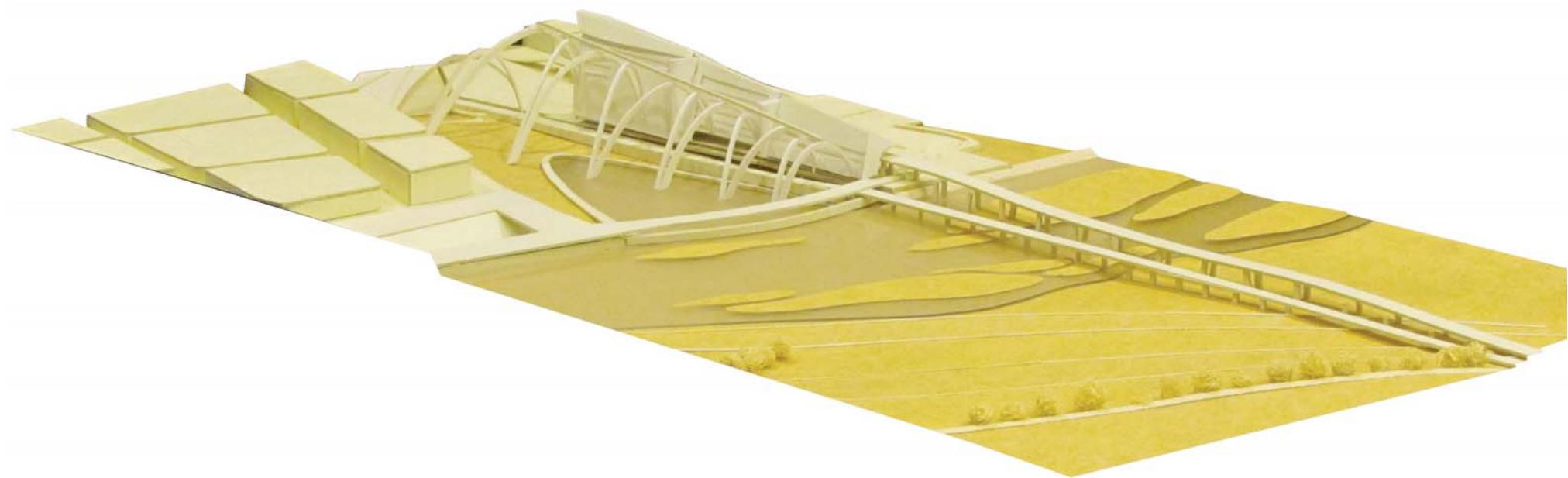
F38 Maqueta esc 1:1000 de fragmento 2 de la caja hidráulica para el río Aconcagua:  
Puente - pretil y laguna tranque



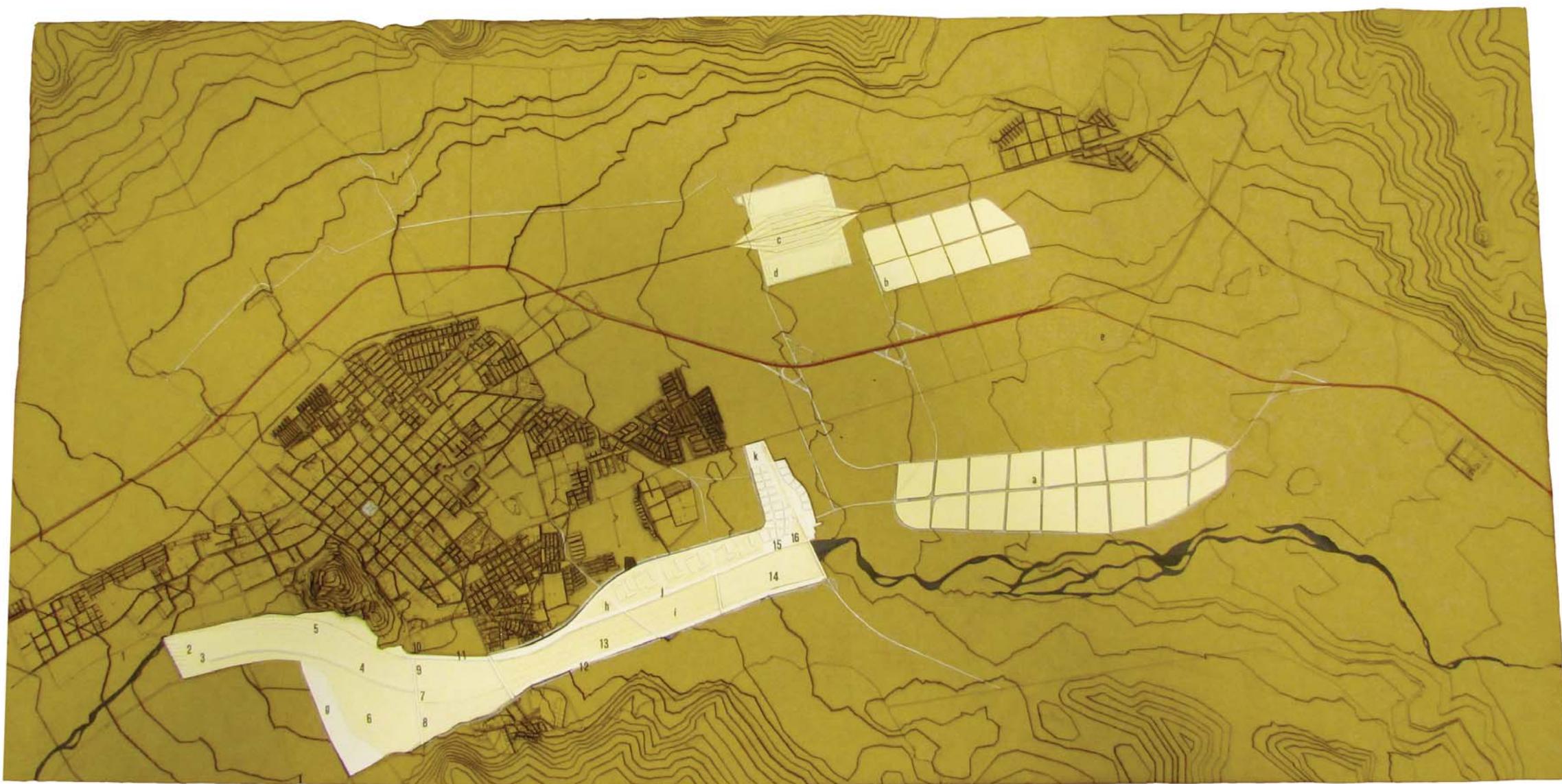
F39 Maqueta esc 1:1000 de fragmento 3 de la caja hidráulica para el río Aconcagua:  
Parque habitacional y terrazas inundables



F40 Maqueta esc 1:1000 de fragmento 4 de la caja hidráulica para el río Aconcagua:  
Plaza de río y portal comercial Aconcagua, cabezal sur de la caja hidráulica



F41 Maqueta 1:1000 plaza de río



F42 Maqueta de plan maestro y caja hidráulica del río Aconcagua con la incorporación del sector industrial

### **Fuentes de imágenes**

F1 - F36      Planimetrías realizadas por autor  
F37 - F42      Fotografías tomadas por autor





## **G / ANEXO**

A modo de conclusión de la tesis, se realiza de manera independiente una prueba de modelos que permite diseñar la habitabilidad del espejo de agua de la plaza de río propuesta. Este modelo tiene un carácter meramente cualitativo y busca complementar al estudio general.

## **metodología individual/ MODELO DE PLAZA DE RÍO**

### **MODELACIÓN**

La modelación del espejo de agua de la plaza de río es la metodología que permitirá evaluar su desempeño hidráulico para de esa forma poder diseñar la forma precisa en que el habitante de dicho espacio público se encuentra con el río como elemento paisajístico y recreativo.

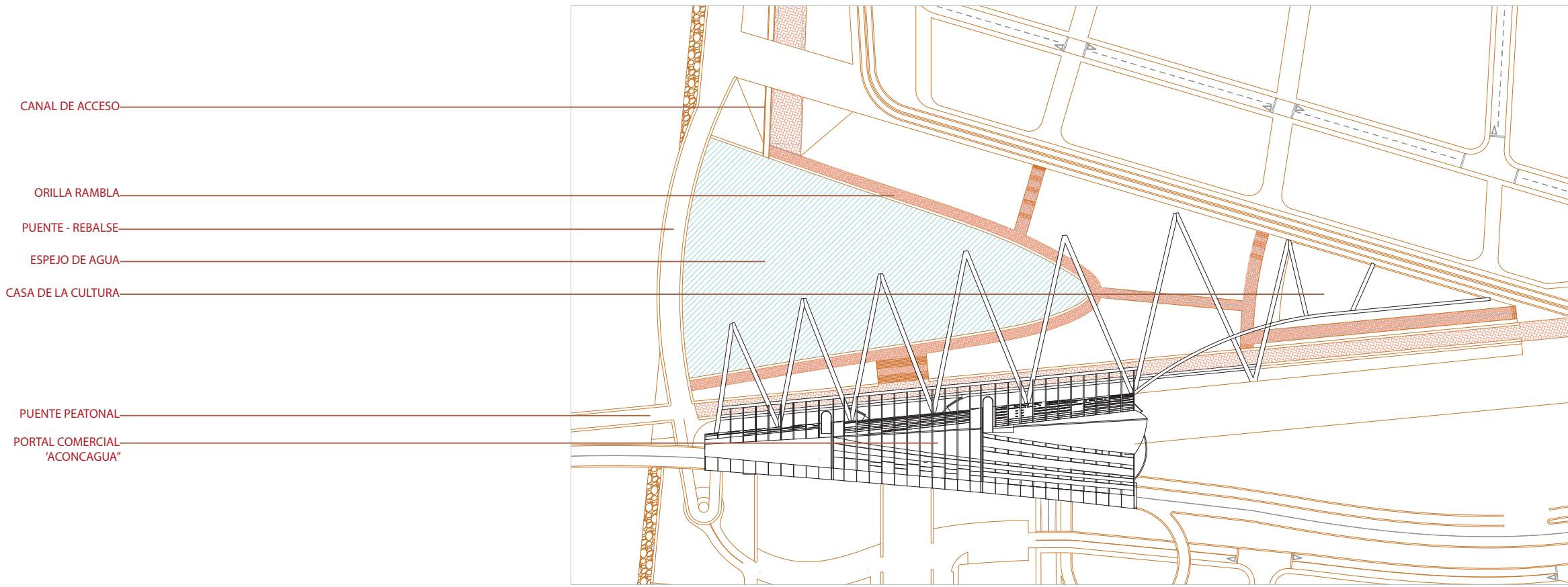
Dentro del plan maestro para la incorporación de una Z.A.L. en Quillota y la configuración de la caja hidráulica del río Aconcagua en este tramo, el lugar que desarollo con mayor detalle de forma individual corresponde a la plaza de río, la cual viene a conformar el centro de una nueva zona céntrica que se propone para la ciudad, esta vez tomando al río como su eje estructurador y a sus aguas como la instancia de recreación de los habitantes de la localidad.

El espejo de agua de la plaza de río tiene una superficie aproximada de 8.900 m<sup>2</sup> con una profundidad promedio de 4 m, lo que le entrega una capacidad de 35.600 m<sup>3</sup> de agua, permitiéndole además ser una reserva de agua para periodos de estío. El único canal de acceso de agua está en el extremo nорponiente del estanque y es el que se deriva desde la laguna-tranque al norponiente del puente Boco (tesis desarrollada a profundidad por arquitecto Jayson Hassan) y que pasa a la orilla oriente del río Aconcagua, filtrándose en los estanques recreacionales adosados al parque habitacional – corredor biológico (tesis desarrollada a profundidad por el arquitecto Jean Araya) para venir a acumularse en el espejo de agua de la plaza de río.

El previo paso por estanques recreacionales y de filtración nos permite asumir que el agua que llega a la plaza de río está libre de material sedimentario arrastrado por tracción y saltación, y que sólo puede contener material en suspensión, es decir, las partículas más finas que arrastra la corriente.

El propósito general de estas pruebas de modelo es evaluar el desempeño hidráulico del espejo de agua diseñado en rasgos generales para el proyecto de arquitectura del 'Portal Comercial Aconcagua' y proyectar, modelar y probar los cambios que permitan:

- Apropriada renovación de aguas: diseño de una intervención con la geometría que permita que los 35.600 m<sup>3</sup> de agua se mantengan en continua circulación para de esa forma oxigenar el agua y evitar el estancamiento con sus consecuencias de eutrofización (proliferación desmedida de algas que le quitan el oxígeno al agua) y malos olores.



F1 Planimetrías de plaza de río para modelación en etapa 1

- Protección ante crecidas: En el caso de que sea muy alto el caudal recibido por el canal receptor, el espejo de agua debe ser capaz de garantizar una habitabilidad continua y una protección de la infraestructura a él adosada y que puede resultar perjudicada por el alto flujo máscico de agua para períodos de retorno superiores a 10 años.

- Evitar depósitos sedimentarios: Aunque hemos estipulado que los sedimentos de mayor diámetro no deberían llegar al espejo de agua de la plaza de río, los sedimentos en suspensión si van a llegar y se van a depositar en el fondo del estanque cuando la velocidad de deposición sea mayor a la velocidad del cauce. En el caso de un estanque, que se considera agua quieta, se debe buscar que la distancia entre el ingreso y la salida de agua del estanque sea la mayor posible para así comprometer en la mayor cantidad de agua en el proceso de renovación y lograr que exista una velocidad mínima en el cauce que permita a los sedimentos en suspensión salir también del estanque.

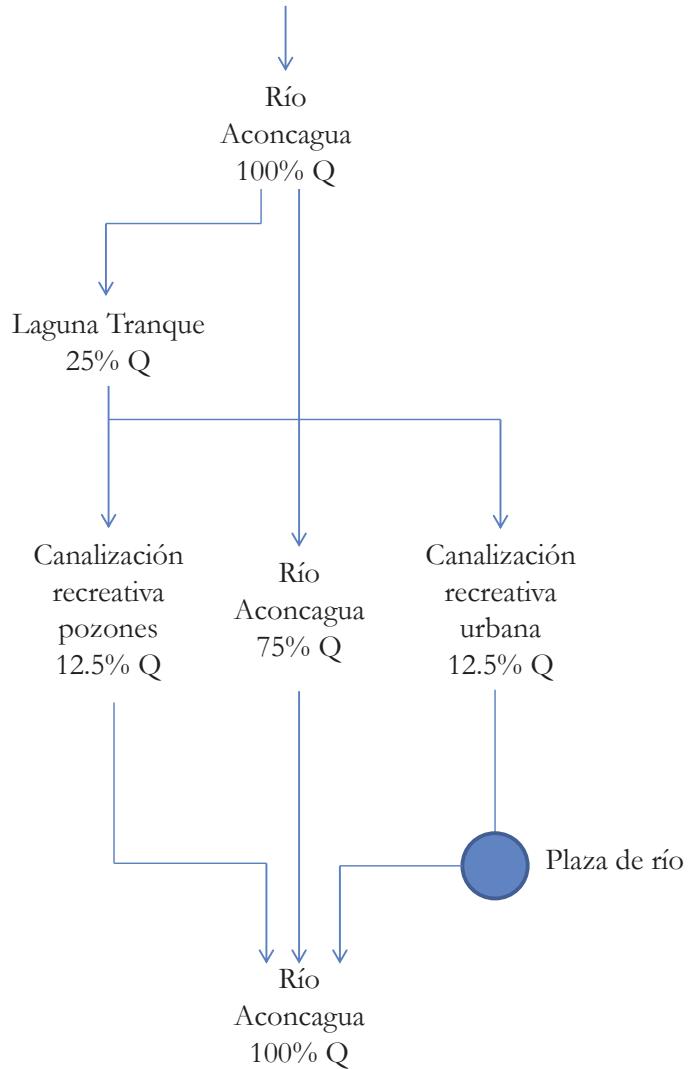
## OBJETIVOS

### MODELO ETAPA 1

Evaluar el comportamiento hidráulico del estanque en su etapa de diseño preliminar para un caudal mínimo y un caudal para un periodo de retorno de 10 años. Esto nos permite tener una noción de lo que pasa con los tópicos recién especificados: renovación de aguas, protección y sedimentación para realizar un diseño que permita optimizarlos.

### MODELO ETAPA 2

Previo análisis de los resultados obtenidos de la primera etapa se diseñan los cambios necesarios para mejorar el desempeño del prototipo y se modelan las intervenciones.



F2 Diagrama de las canalizaciones del río

## DERIVACIÓN DE CAUDALES <sup>F2</sup>

En el extremo norte de la caja hidráulica del río Aconcagua éste trae el 100% de su caudal (Sabemos que en los tramos superiores del río se realizan bocatomas para procesos industriales relacionados con la minería y para regadío de zonas agrícolas, sin embargo asumimos nuestro 100% como el total de agua que empieza a pasar en el extremo norte de la propuesta de caja hidráulica).

La primera derivación de aguas se realiza en la bocatoma de la laguna-tranque (tesis desarrollada por el arquitecto Jayson Hassan) en donde la disposición geométrica de dicha bocatoma en el lecho del río permite captar un máximo del 25% del caudal del río. La laguna-tranque en su condición de equilibrio mantiene un nivel constante de agua al evacuar tanto flujo másico como el que recibe, por esto podemos asumir que el mismo 25% que entra a la laguna tranque es el que se saca por nuevas canalizaciones.

Debido a que la gama de caudales de los distintos períodos de retorno es tremadamente amplia y los canales de derivación no pueden soportar tanta variabilidad en su construcción, se decide que el porcentaje máximo que saldrá de la laguna tranque por los canales de derivación, deberá corresponder al 25% del caudal para un período de retorno de 10 años. Para caudales de períodos de retorno superiores, la laguna-tranque deberá regular su capacidad con el uso de esclusas y compuertas.

El 25% del caudal que sale de la laguna-tranque se deriva en dos sistemas de canalización de carácter recreativo paralelos al río Aconcagua, los cuales se llevan cada uno el 50% de su afluente, es decir el 12,5% del caudal del río cada uno: al poniente la canalización va generando una serie de pozones inmersos en un parque público, al oriente la canalización delimita las zonas de rambla y de parque-habitacional y es esta la que llega finalmente al espejo de agua de la plaza de río.

Al canal de acceso de agua del espejo de la plaza de río le corresponde entonces un porcentaje de agua máximo de un 12,5% del caudal del río Aconcagua hasta un período de retorno de 10 años, y para mantener su condición de espejo de agua, la misma cantidad de agua que recibe es devuelta al río Aconcagua mediante un rebalse nivelado.

Según los datos previos de los caudales de la zona, se deben considerar dos variantes, que son caudales para condiciones normales y/o caudales estimados para eventuales crecidas. Es por ello que se consideran diversos caudales según el retorno correspondiente a:

Caudal a 200 años = 4040 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal a 100 años = 3535 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal a 50 años = 3010 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal a 20 años = 2330 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal a 10 años = 1805 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal a 5 años = 1255 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal mínimo = 4 m<sup>3</sup>/s

Para nuestro caso, como sabemos que la mayor cantidad de agua que llegará al espejo de agua corresponde al caudal para un periodo de retorno de 10 años, las pruebas se realizarán para este caudal y para el caudal mínimo. Por ende, para esos periodos, lo que le corresponde al canal de acceso del estanque es el 12,5% del caudal de río.

Caudal a 10 años (Río) = 1805 m<sup>3</sup>/s      - Caudal a 10 años (canal de acceso) = 225.6 m<sup>3</sup>/s  
 Caudal mínimo (Río) = 4 m<sup>3</sup>/s      - Caudal mínimo (canal de acceso) = 0.5 m<sup>3</sup>/s

Para una escala 1:200, el factor de escala de longitud  $\lambda L$  corresponde a 200

$$\begin{aligned}\lambda Q &= \lambda L^{5/2} \\ \lambda Q &= 200^{5/2} \\ \lambda Q &= 565685.4\end{aligned}$$

Con este factor de escala podemos transformar los caudales del prototipo a los del modelo  
 Caudal mínimo prototipo /  $\lambda Q$  = caudal mínimo modelo

$$\frac{0.5 \text{ m}^3/\text{s}}{565685.4} = 8.8388 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal 10 años prototipo /  $\lambda Q$  = caudal 10 años modelo

$$\frac{225.6 \text{ m}^3/\text{s}}{565685.4} = 0.00039885 \text{ m}^3/\text{s}$$

## SEMEJANZA DINÁMICA DE CAUDALES

Para asegurar la semejanza dinámica de esta modelación, se procede en primer lugar a escalar los caudales. Se escoge trabajar tanto en horizontal como en vertical con la escala 1:200 que permite un tamaño adecuado de modelo y una profundidad de estanque de 2 cm, en la cual se pueden apreciar de buena forma los fenómenos hidráulicos deseados.

Para la determinación de factor de escalas para modelos sin distorsión entre vertical y horizontal tenemos las siguientes equivalencias:

Escala de longitud:  $\lambda L$  (mismo factor vertical y horizontal)

Escala de velocidades:  $\lambda V = \lambda L^{1/2}$

Escala de tiempo:  $\lambda T = \lambda L^{1/2}$

Escala de caudal:  $\lambda Q = \lambda L^{5/2}$

## CÁLCULO DE APERTURA DE ESTANQUE REGULADOR DE CAUDALES

Para mantener una entrega de agua para los modelos, con el caudal precisado, se debe calcular la apertura radial de un orificio en un estanque que mantiene su columna de agua constante. Para esto ocupamos la ecuación:

$$Q = CdA_0\sqrt{2gh}$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

Cd = Coeficiente de descarga igual a 0.82

A<sub>0</sub> = Área del orificio en m<sup>2</sup>

g = constante de aceleración de gravedad igual a 9.8 m/s<sup>2</sup>

h = altura de la columna de agua

Como los valores de Cd, g, son conocidos, y el valor de h lo obtenemos del tamaño del estanque a usar (25 cm de alto), podemos dejar resuelto ese producto.

$$Q = CdA_0\sqrt{2gh}$$

$$A_0 = \frac{Q}{Cd\sqrt{2gh}}$$

$$Cd\sqrt{2gh} = 0.82\sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 0.25}$$

$$Cd\sqrt{2gh} = 1.8151$$

$$A_0 = \frac{Q}{1.8151}$$

Apertura de estanque para caudal mínimo

$$A_0 = \frac{8.8388 \times 10^{-7}}{1.8151}$$

$$A_0 = 4,8696 \times 10^{-7} m^2$$

$$A_0 = 0,486 mm^2$$

Apertura de estanque para caudal con periodo de retorno de 10 años

$$A_0 = \frac{0.00039885}{1.8151}$$

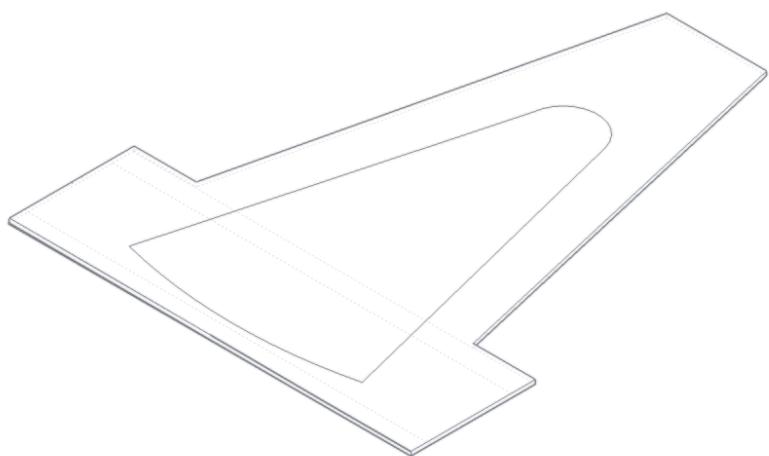
$$A_0 = 0.0002197 m^2$$

$$A_0 = 219.7 mm^2$$

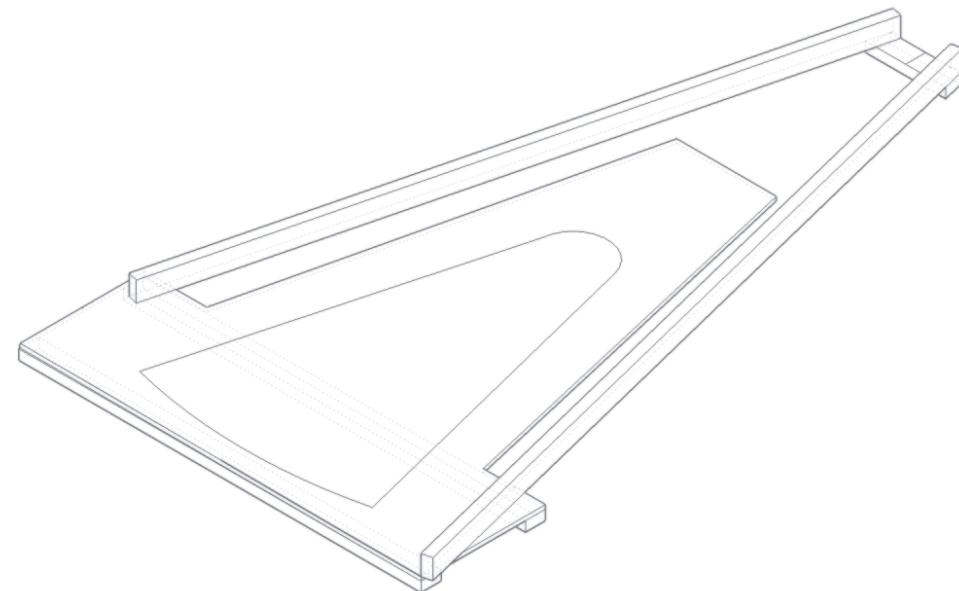
Las superficies abstractas se transforman a una figura circular mediante la fórmula de área del círculo para obtener un radio. Sin embargo, el tamaño extremadamente pequeño del área que permite sacar el caudal mínimo la hace imposible de perforar con medios mecánicos, por esta razón, se decide realizar la menor perforación posible que es la punta de un alfiler, la cual ya es más amplia que la necesaria.

Para el caudal con periodo de retorno de 10 años, se necesita una perforación de 8.36 mm de radio.

## PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MODELO DE PLAZA DE RÍO



F3 Construcción de fondo de estanque



F4 Armazón de estructuras

### 1. Construcción de fondo de estanque <sup>F3</sup>

Se realiza con aglomerado de madera ‘Trupan’ de 8 mm, cuidando de abarcar toda el área en donde estará el estanque. En este caso, se trabajó con dos planchas adosadas.

### 2. Armazón de estructura superior <sup>F4</sup>

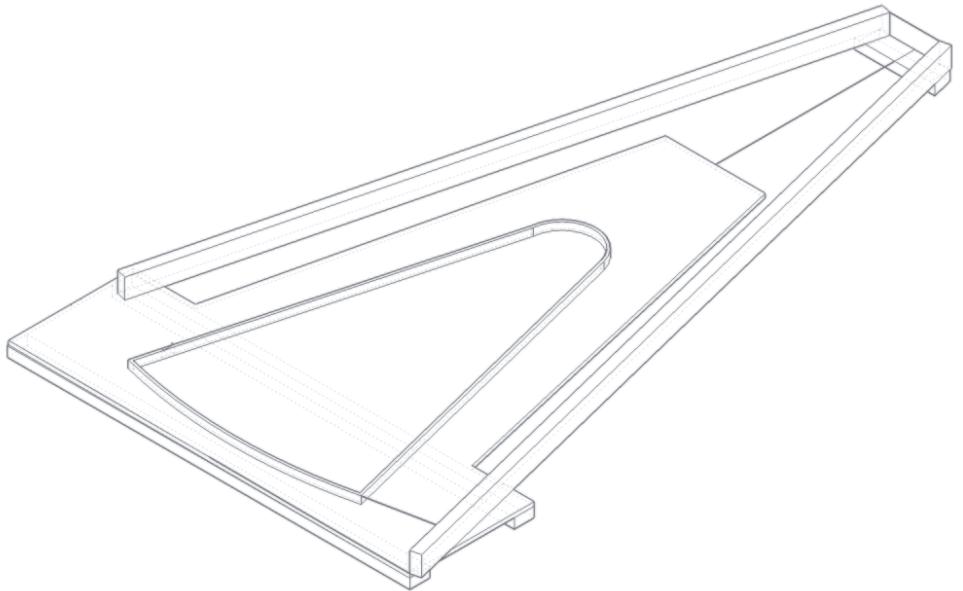
Se arma una estructura con listones de pino de 2x1” de forma angular que corresponde a las aristas superiores de la plaza de río y permitirán estructurar el modelo.

### 3. Armazón de estructura inferior <sup>F4</sup>

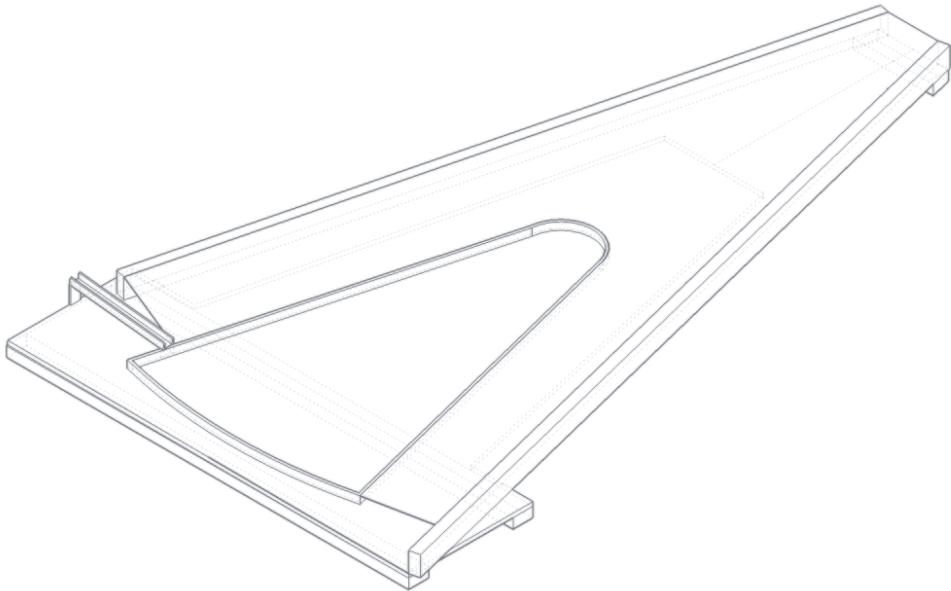
Se arma una estructura inferior que rigidiza las planchas de Trupan.

### 4. Construcción del borde del estanque <sup>F5</sup>

La contención de aguas del estanque se realiza dibujando en la base de madera las líneas del borde para luego pegar a ellas una franja vertical de cartón previamente forrado con huincha aislante negra de 2 cm de alto (profundidad del estanque).



F5 Construcción de borde de estanque, sellado e impermeabilizado



F6 Construcción de canal de acceso y terminaciones

##### 5. Sellado de borde <sup>F5</sup>

Se aplica por la cara interna del borde una mezcla de ‘masilla mágica’ tratando de sellar el estanque

##### 6. Impermeabilizado <sup>F5</sup>

Se impermeabiliza el interior del estanque con varias capas de pintura esmalte u otro recubrimiento hidrófugo negro.

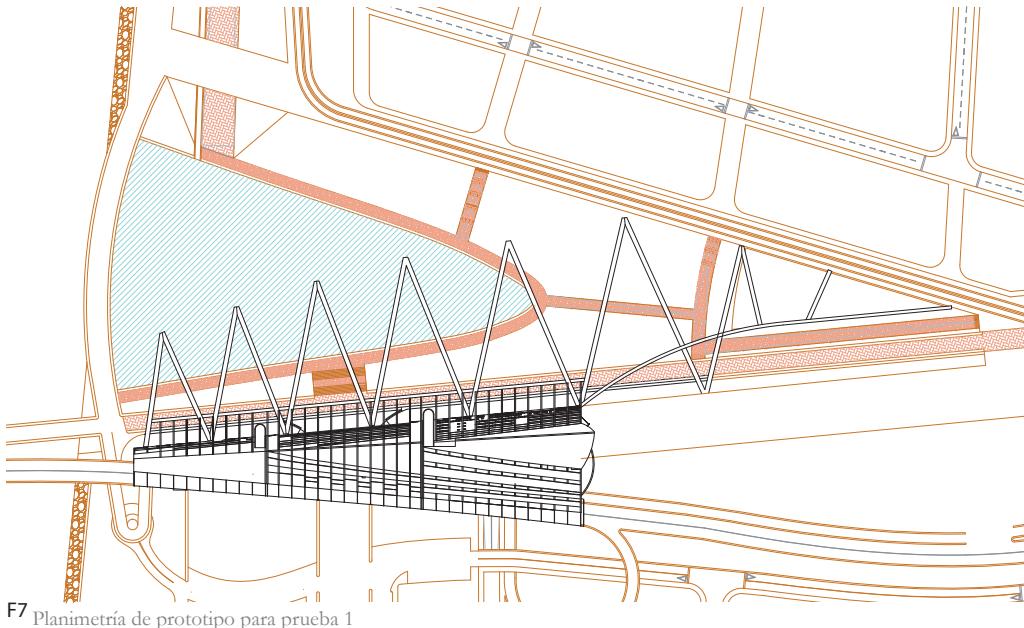
##### 7. Construcción de canal de acceso <sup>F6</sup>

Se construye con una leve pendiente la canalización en el lugar indicado por las planimetrias

##### 8. Terminaciones de maqueta <sup>F6</sup>

Construcción de terreno aledaño con cartón.

## PRUEBAS DE MODELO ETAPA 1



F7 Planimetría de prototipo para prueba 1

### PRUEBA 1: Caudal mínimo (0,5 m<sup>3</sup>/s) sin intervención

MEDICIÓN DE TIEMPO DE LLANO DE MODELO: 4 horas 25 minutos

Transformado a tiempo de llenado en prototipo mediante igualdad:

$$\lambda T = \lambda L^{1/2}$$

$$\lambda T = 200^{1/2}$$

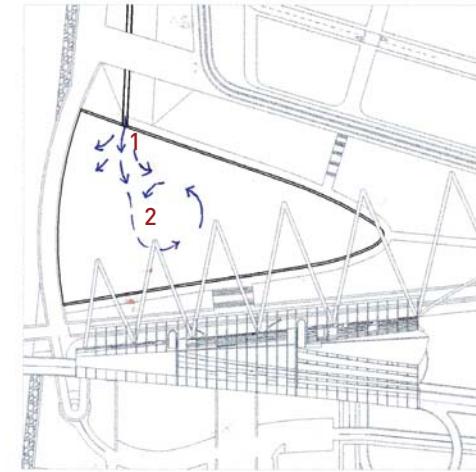
$$\lambda T = 14.14$$

Tiempo de llenado de modelo: 4 horas 25 minutos = 265 minutos

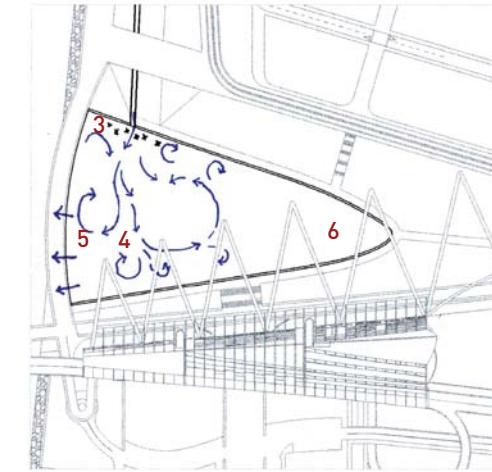
Multiplicando por el factor de escala  $\lambda T = 14.14$

Tiempo de llenado de modelo:

$$3747.1 \text{ minutos} = 62 \text{ horas } 27 \text{ minutos} = 2 \text{ días } 14 \text{ horas } 27 \text{ minutos.}$$



F8-F9 Diagramas del comportamiento del flujo

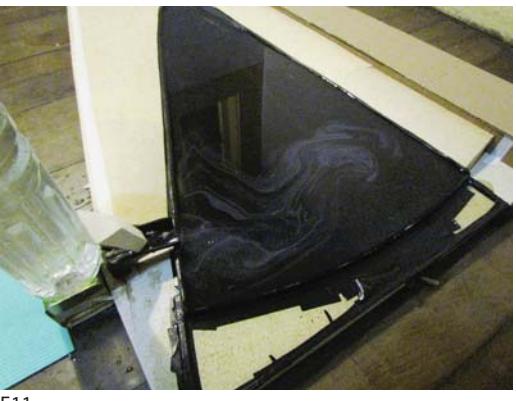


#### OBSERVACIONES:

1. Dispersión radial inmediata en torno a salida de canal de acceso de agua.
2. Generación de vórtice en zona central de espejo de agua: la leve aceleración del agua en torno a la salida del canal genera un retorno del agua estancada hacia la punta del estanque.
3. Se produce una zona amplia de deposición del material en suspensión en torno a la salida del canal por la disminución brusca de velocidad que implica Salir del canal al estanque abierto.
4. Generación de vórtices menores alrededor del especificado en punto 2
5. En el tramo poniente del estanque (entre el canal y el rebalse) se produce una dispersión total del agua renovada y sus posibles sedimentos, la mínima velocidad del flujo de agua entrante no alcanza a permitir que ésta salga por el rebalse
6. El extremo oriente, la punta del estanque no se ve afectado por el proceso de renovación de aguas, en un prototipo sería sector de estancamiento de agua.



F10



F11



F12



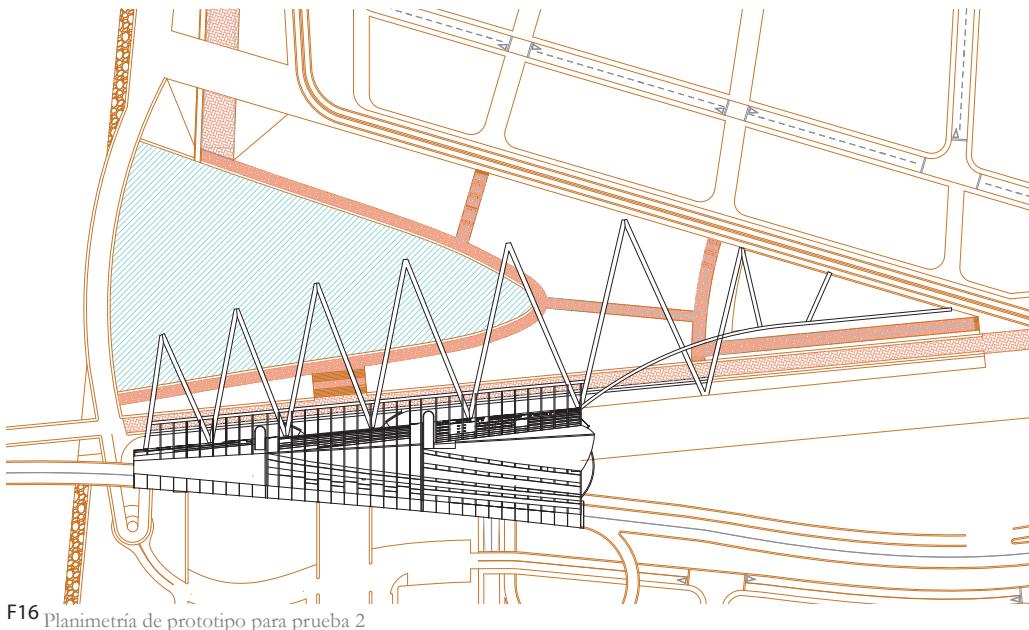
F13



F14



F15



F16 Planimetría de prototipo para prueba 2

### PRUEBA 2: Caudal para un periodo de retorno de 10 años (225.6 m<sup>3</sup>/s) sin intervención

MEDICIÓN DE TIEMPO DE LLANO DE MODELO: 17 segundos

Transformado a tiempo de llenado en prototipo mediante igualdad:

$$\text{Escala de tiempo: } \lambda T = \lambda L_1 / 2$$

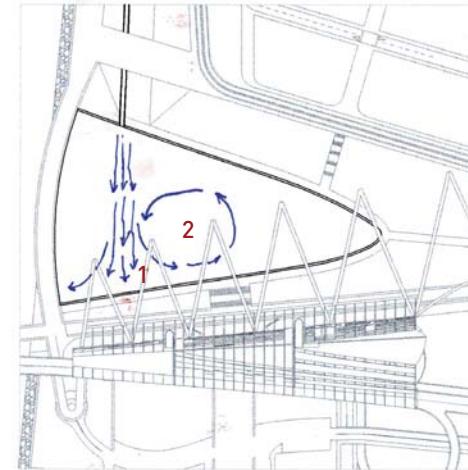
$$\lambda T = 2001 / 2$$

$$\lambda T = 14.14$$

Tiempo de llenado de modelo: 17 segundos

Multiplicando por el factor de escala  $\lambda T = 14.14$

Tiempo de llenado de modelo: 240.38 segundos = 4 minutos



F17 - F18 Diagramas del comportamiento del flujo



### OBSERVACIONES:

1. El alto flujo másico del caudal entrante impacta en la orilla opuesta al canal de acceso generando zonas de posible inundación o menoscabo de infraestructura.
2. Generación de vórtice muy focalizado en el medio del estanque, al oriente del eje del canal que involucra a las aguas aledañas a dicho eje que retornan por la aceleración del cauce entrante cerrando un circuito circular del flujo. En el centro de dicho vórtice se genera un punto donde las velocidades se anulan entre sí y se produce deposición sedimentaria
3. Generación de vórtice entre eje del canal y rebalse que, por ser de un área menor que el vórtice mayor, cierra su circuito de forma más rápida, su condición más estrecha y dominada por el flujo potente del eje del canal le permite una participación completa de sus aguas en el proceso de renovación de aguas y de devolución al cauce original del río Aconcagua.
4. El extremo oriente, la punta del estanque no se ve afectado por el proceso de renovación de aguas, en un prototipo sería sector de estancamiento de agua.



F19



F20



F21



F22



F23



F24

#### CONCLUSIONES DE PRUEBAS DE MODELO ETAPA 1

##### 1. Necesidad de protección en orilla sur

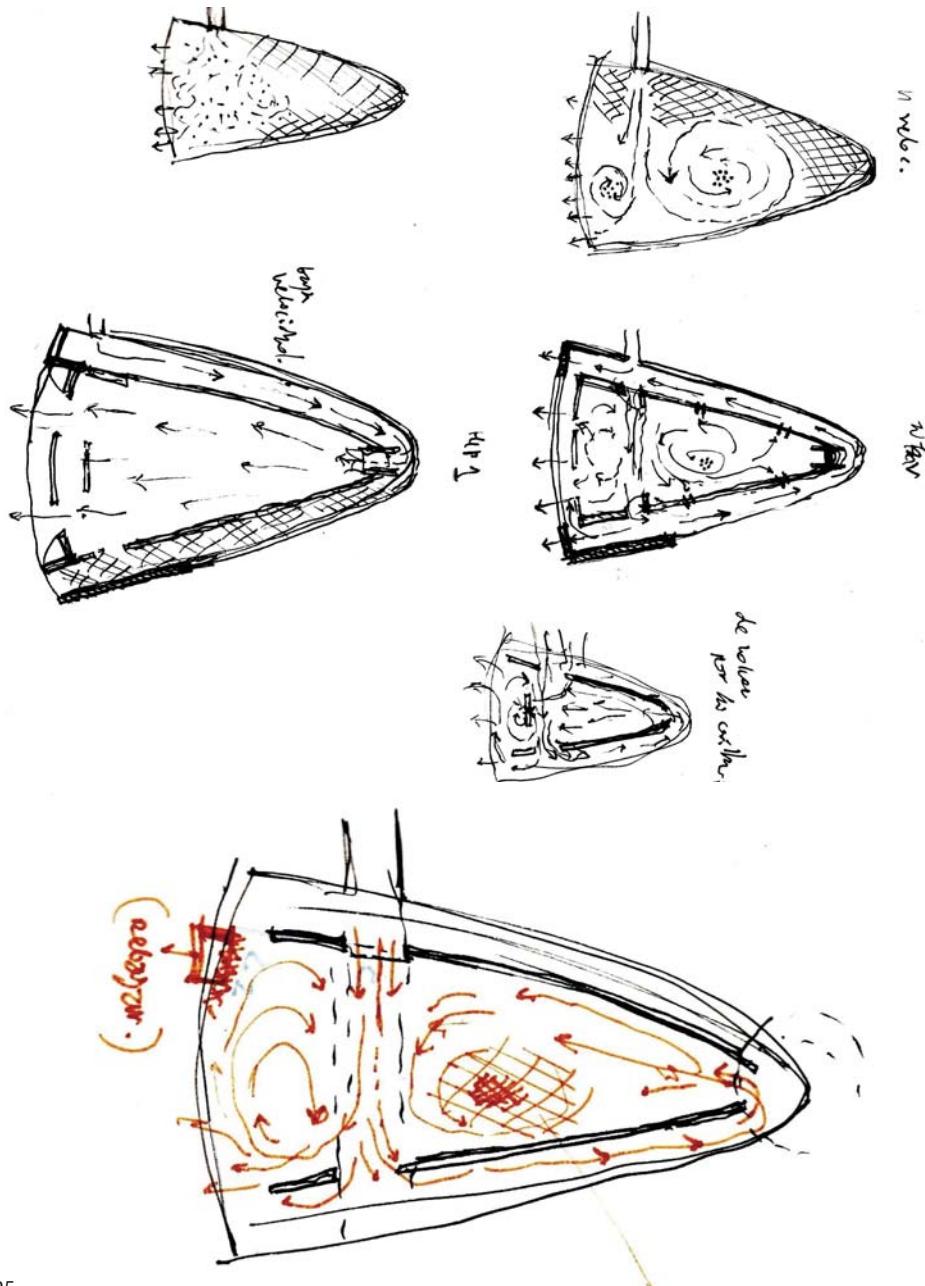
El impacto del flujo de agua en el eje del canal sobre la orilla sur del estanque en altas velocidades es un factor que limita e impide la habitabilidad de la plaza de río por lo que debe reforzarse y rediseñarse su habitabilidad.

##### 2. Evitar vórtices tan pronunciados

Los vórtices generados en las altas velocidades focalizan demasiado la acumulación de sedimentos e impiden la habitabilidad del espejo de agua con actividades náuticas o recreativas.

##### 3. Garantizar renovación total de las aguas

Particularmente en velocidades bajas, el diseño actual no permite movilizar a la totalidad de las aguas, generando focos de estancamiento.



F25 Esquemas de circulaciones de agua en estanque

## HIPÓTESIS PARA ESPEJO DE AGUA EN PLAZA DE RÍO

### Propuesta de elementos

A partir del análisis realizado tras la primera etapa de la modelación se proponen tres elementos que modifican la geometría de los flujos dentro del estanque:

Pretil norte: Corresponde a un muro que separa las aguas del centro del estanque con las de la orilla, generando una canalización al norte del estanque

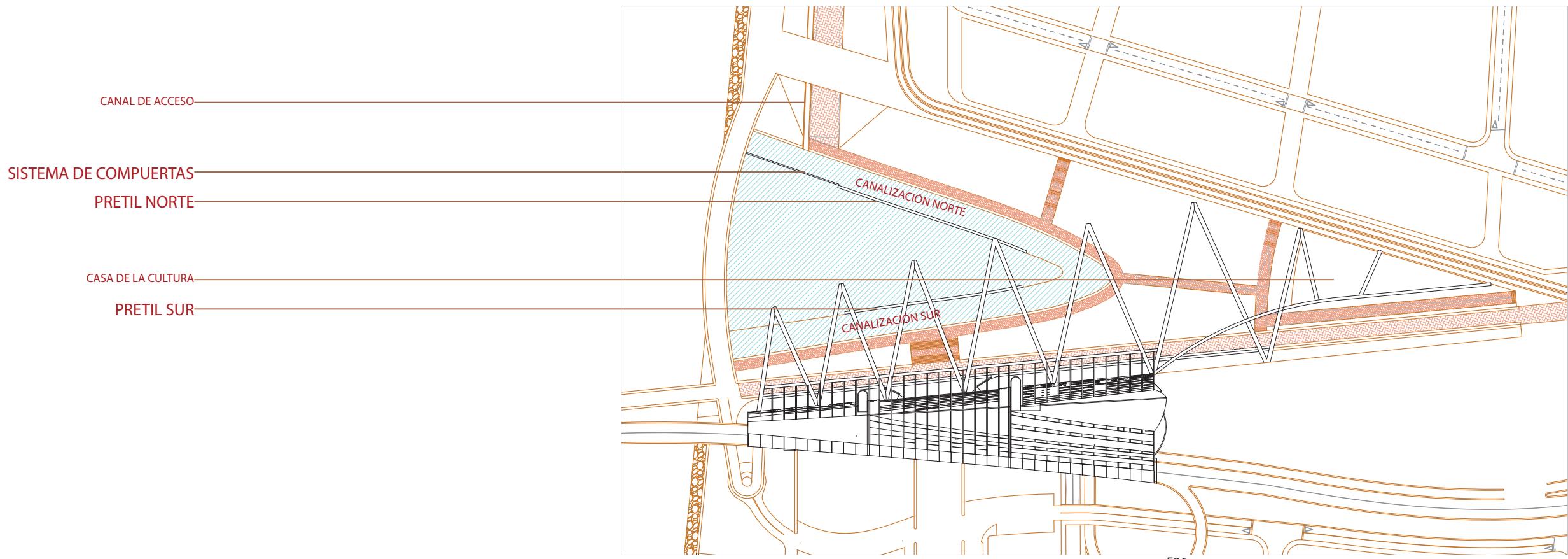
Pretil sur: Corresponde a un muro que separa las aguas del centro del estanque con las de la orilla, generando una canalización al sur del estanque

Sistema de compuertas: Ubicados en el extremo poniente del pretil norte, permiten manejar el flujo de las aguas en los distintos caudales que el canal de acceso reciba.

### Hipótesis hidráulica

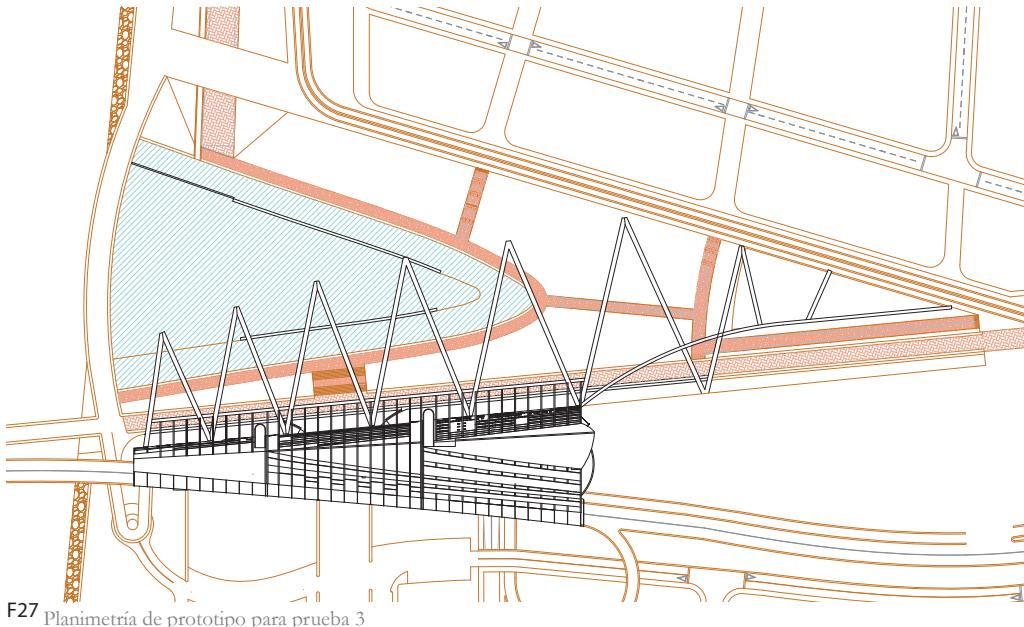
Baja velocidad: El estanque funciona con el sistema de compuertas cerrado, por lo mismo el total del agua que ingresa, se conduce por la canalización norte hacia la punta de dicho estanque y desde ahí hacia el poniente renovando la totalidad de las aguas estancadas.

Alta velocidad: Se propone el mismo sistema de canalizaciones, ahora en el extremo sur del estanque para desviar el flujo que arma el vórtice poniente, evitando así su formación o restándole focalización a la vez que se lleva el agua hasta el extremo oriente para ahí ser devuelta al grueso del estanque.



F26 Diseño de nuevos elementos para optimizar el desempeño del estanque

## PRUEBAS DE MODELO ETAPA 2

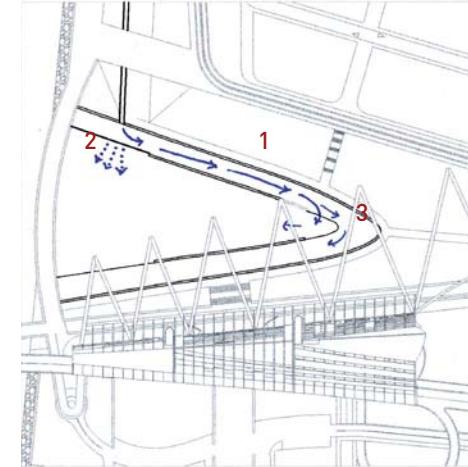


F27 Planimetría de prototipo para prueba 3

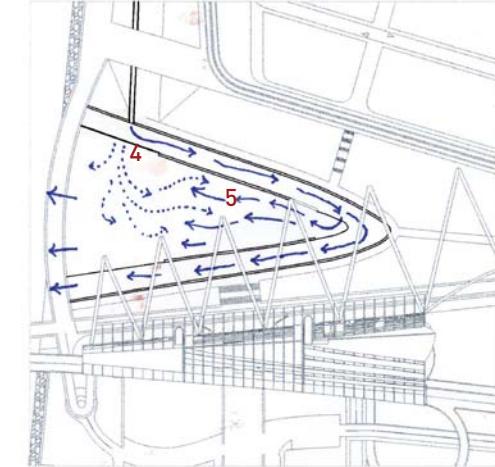
### PRUEBA 3: Caudal mínimo ( $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) con intervención

#### OBSERVACIONES:

1. La mayor parte del flujo que ingresa se va por la nueva canalización norte hacia la punta del estanque.
2. Comienza un proceso de infiltración del agua nueva en la zona de llegada del canal de acceso por entre la canalización norte y el resto del estanque.
3. El agua nueva en el extremo de la canalización norte, es decir en la punta del estanque, comienza a disiparse en dirección al rebalse en forma alargada por el centro. La fuerza centrífuga que lleva el agua en este tramo de giro hace que esta se desplace por la canalización sur hasta la zona de rebalse cerrando el circuito de renovación de aguas del estanque.



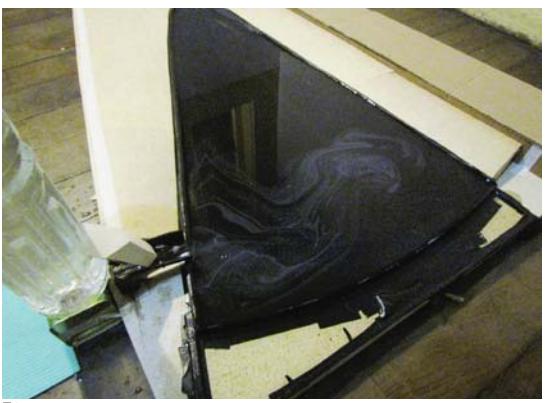
F28 - F29 Diagramas del comportamiento del flujo



4. La infiltración aledaña al rebalse se realiza por el agua más cercana al fondo del estanque, la que se mueve en una velocidad menor. Por este motivo, esta área está más propensa a acumular sedimentos en el lecho del estanque.
5. Se completa el proceso de renovación de aguas al mezclarse las aguas renovadas que se movilizan superficialmente desde el extremo oriente (punta del estanque) con las aguas renovadas que se movilizan por el fondo del estanque desde el extremo poniente hacia el oriente. Las aguas renovadas y en movimiento son evacuadas posteriormente por el rebalse en su extremo sur.



F30



F31



F32



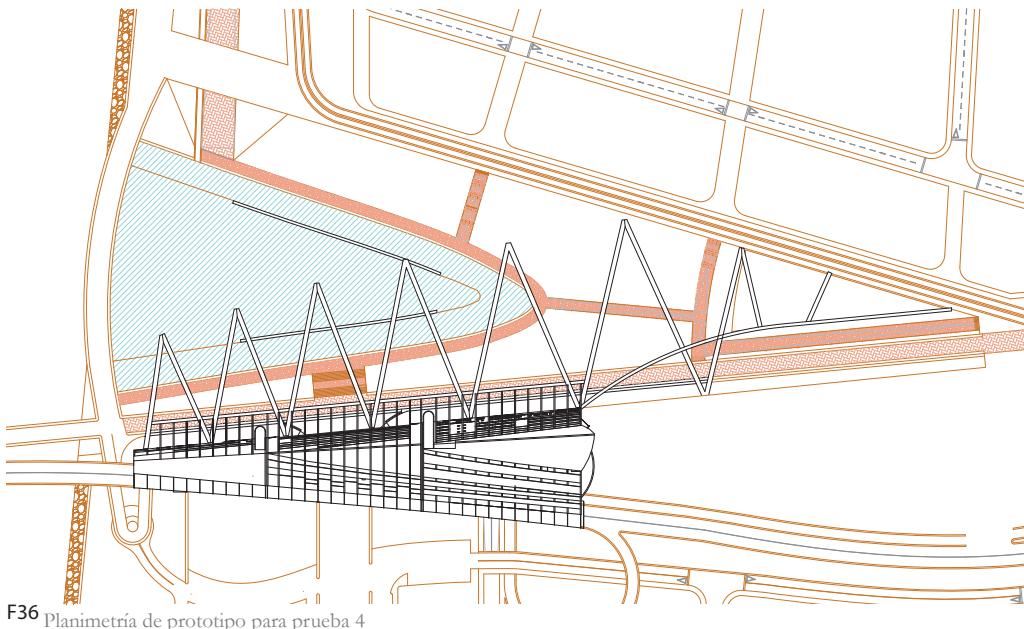
F33



F34



F35

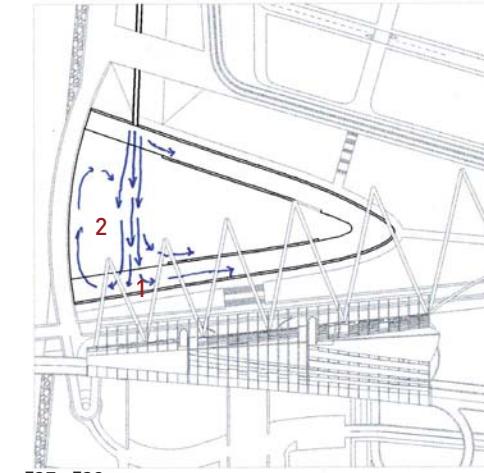


F36 Planimetría de prototipo para prueba 4

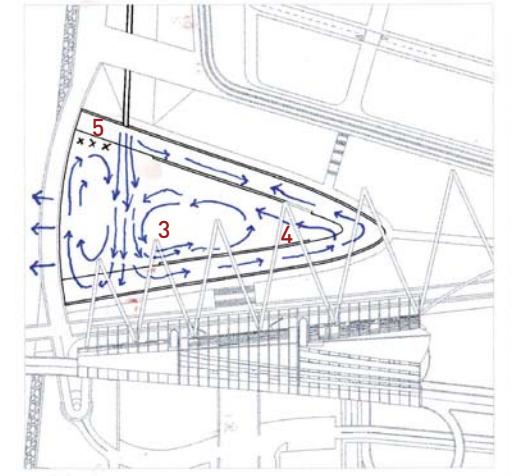
#### PRUEBA 4: Caudal para un periodo de retorno de 10 años (225.6 m<sup>3</sup>/s) con intervención

##### OBSERVACIONES:

1. El impacto el flujo en la orilla sur al frente del canal de acceso genera inundaciones y menoscabo de infraestructura.
2. Se produce en primera instancia un vórtice amplio entre el eje del canal de acceso y el rebalse que permite una participación completa de esas aguas en el proceso de renovación de aguas y de devolución al cauce original del río Aconcagua.
3. Se produce un segundo vórtice menor en la zona de impacto del flujo en la contención de la canalización sur que pone en movimiento al total de aguas de esa zona del estanque.



F37 - F38 Diagramas del comportamiento del flujo



4. Parte del flujo de agua que impacta en la orilla sur se deriva por esa canalización hacia la punta del estanque, desde ahí, parte del flujo se une al vórtice especificado en el punto 3 y otra parte del flujo, la que está más sujeta a la fuerza centrífuga del giro, alcanza a la mitad de la canalización norte.
5. Existe una posible zona de depositación sedimentaria en el extremo norponiente del estanque por ser la zona de menor velocidad en el retorno del vórtice entre el eje del canal y el rebalse.

##### CONCLUSIONES DE PRUEBAS DE MODELO ETAPA 2

1. El modelo ante bajas velocidades funciona mejor tras la incorporación de las canalizaciones norte, sur y la compuerta pues el movimiento de las aguas involucra a prácticamente todo el volumen de líquido en el estanque, en especial el sector de la punta que sin la intervención se mantenía estancado.



F39



F40



F41



F42



F43

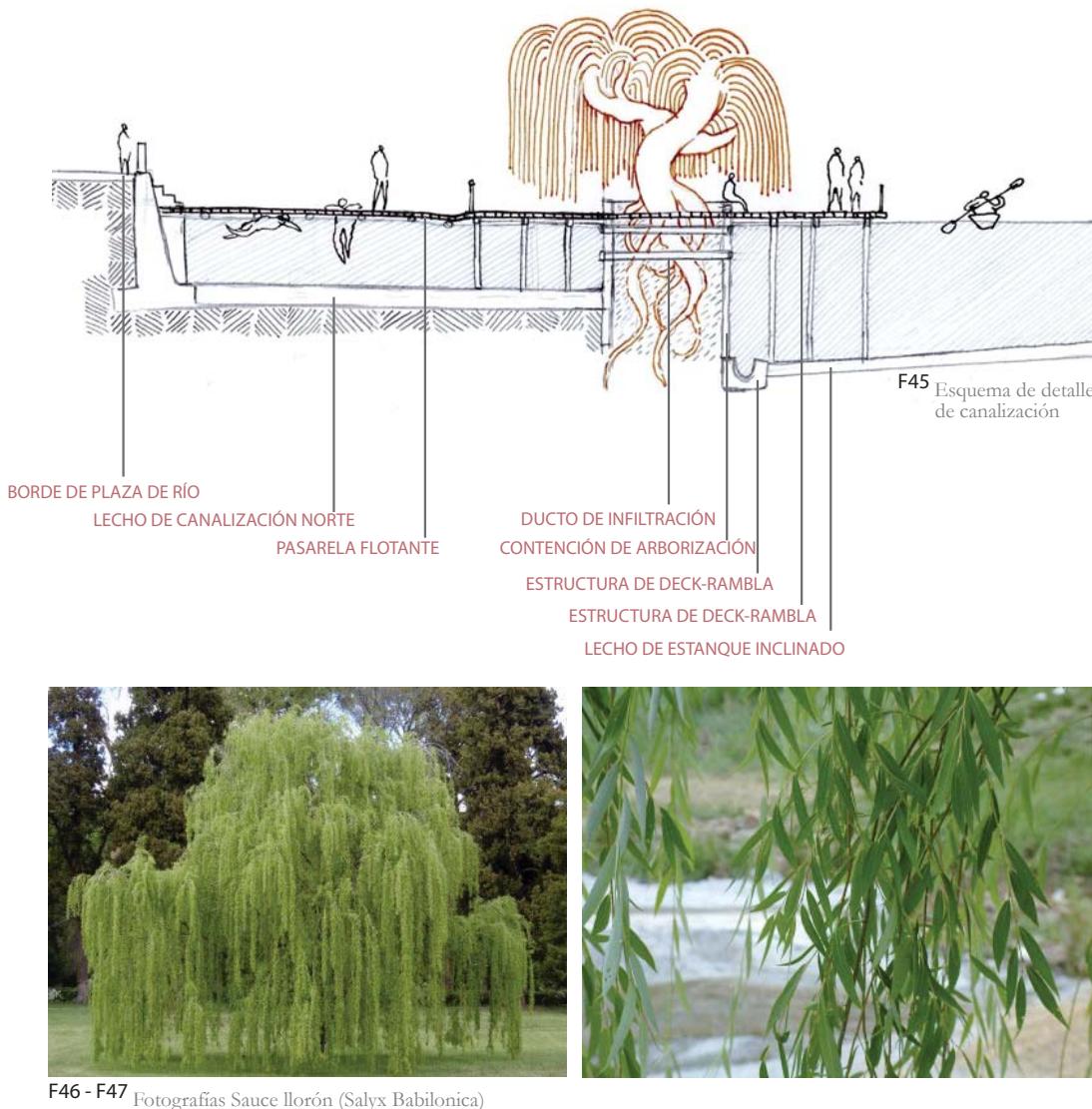


F44

2. El modelo sujeto al caudal para un periodo de retorno de 10 años, funciona mejor tras la incorporación de las canalizaciones norte y sur pues los vórtices generados son menos focalizados, de radios mayores y velocidades más controladas.

3. Para ambas velocidades, se generan zonas de posibles depósitos sedimentarios en el extremo norponiente del estanque, por lo mismo, el diseño definitivo debe contemplar un ducto de limpieza de fondo en ésta zona.

4. Es necesario que el diseño de habitabilidad contemple dejar la orilla sur, frente al canal de acceso, una protección contra el flujo del canal de acceso a alta velocidad.



## ESPEJO DE AGUA PARA PLAZA DE RÍO

La propuesta final para el espejo de agua de la plaza de río considera un avance sobre el diseño presentado como mejora de las pruebas de modelo original. El diseño final propuesto le entrega habitabilidad a las mejoras de diseño evaluadas, principalmente a los pretils secundarios que se conforman las canalizaciones norte y sur. Esta distinción que se crea entre los cursos de agua se re-interpreta como un elemento estructural que permite soportar dos suertes de ‘islas’ largas hacia el interior del espejo de agua.

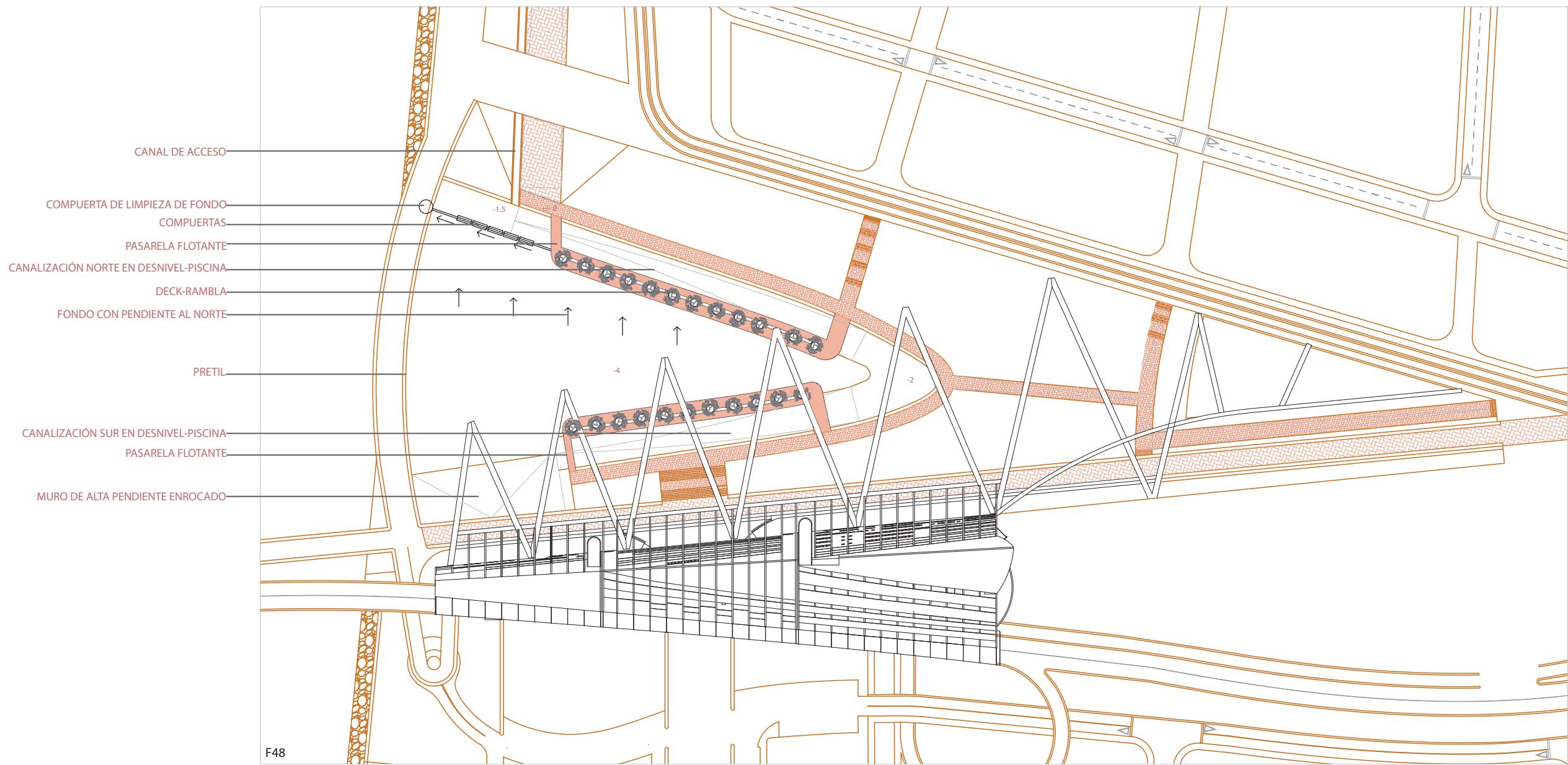
La estructura principal del pretil (hormigón armado) se ve intercalada por marcos cilíndricos de hormigón de 2,4 m de diámetro en donde se dejan crecer individuos de la especie arbórea *Salyx Babilonica* o ‘Sauce Llorón’. Este árbol es una especie vegetal que se da principalmente aledaña a cursos de agua y forma parte del imaginario colectivo de los ríos de la zona central.

Entre las disposiciones cilíndricas en donde crecen los sauces continúa el pretil, dejando cada cierta distancia ductos de infiltración destinados a ayudar a la mejor disipación y renovación de agua a la vez que se le entrega un regadío constante a las raíces de los sauces.

Sobre estas estructuras del pretil se arma un deck de madera estructurado en un envigado y pilares de hormigón armado fundados bajo el lecho del estanque. Este deck cumple la función de rambla, un espacio absolutamente público en que se puede recorrer tanto como permanecer.

La línea arbórea permite generar una distinción entre las zonas acuáticas laterales (canalización norte y sur) y la central. Los estanques laterales menores (de profundidad máxima 2 metros) se pueden convertir en estanque recreativos públicos a modo de una playa artificial de río.

Se considera que el lecho del estanque central mayor tiene una leve pendiente que baja hacia el norte, dicho diseño permite suponer que los sedimentos finos que puede traer el agua desde las canalizaciones previas serán arrastrados hasta la orilla del pretil norte, desde ahí y con una canalización conectada al pretil de rebalse en la esquina nor poniente del estanque.



### **Fuentes de imágenes**

F1	Planimetría realizada por autor
F2 - F6	Dibujos digitales realizados por autor
F7 - F9	Planimetrías realizadas por autor
F10 - F15	Fotografías tomadas por autor
F16 - F18	Planimetrías realizadas por autor
F19 - F24	Fotografías tomadas por autor
F25	Esquemas dibujados por autor
F26	Planimetría realizada por autor
F27 - F29	Planimetrías realizadas por autor
F30 - F35	Fotografías tomadas por autor
F36 - F38	Planimetrías realizadas por autor
F39 - F44	Fotografías tomadas por autor
F45	Dibujo esquemático realizado por autor
F46-47	Fotografías disponibles en <a href="http://images.google.com">http://images.google.com</a> “Sauce”
F48	Planimetría realizada por autor





## **Colofón**

Edición impresa y empastada por el autor en la escuela de Arquitectura y Diseño de la PUCV en Diciembre del 2012. La fuente ocupada para los títulos es ‘Calibri’ de tamaños 14 y 20 en negro al 70%, y para el texto general se usó la fuente ‘Garamond’ en negro tamaño 11. Se usó papel hilado n° 9 en formato oficio.