



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
EI2001-28 Taller de Proyecto
Profesor: Juan González
Profesor Aux.: César Navarrete

*Métodos de Protección Frente a Fenómenos Aluvionales:
Solución Madera - Piedras/Bolones*

Walter Cerda
Mario Gómez
Paula Martínez

Martes 23 de Junio de 2009

Índice general

1. Presentación	2
1.1. Introducción	2
1.2. Objetivos Generales del Curso	3
1.2.1. Requisitos diseño de la Maqueta	3
1.3. Marco Teórico	4
1.3.1. Conceptos Previos	4
1.3.2. Aluviones en el País	4
1.3.3. Barreras de protección contra aluviones	5
2. Desarrollo	7
2.1. Elección del tema	7
2.2. Organización y metodología del trabajo	8
2.3. Presentación última revisión Carta Gantt	11
2.4. Distribución de presupuesto	11
3. Finalización	13
3.1. Conclusiones y recomendaciones	13
3.2. Bibliografía	15
4. Apéndice	16
Índice de Figuras	17

Capítulo 1

Presentación

1.1. Introducción

Es sabido, o al menos se habrá escuchado alguna vez, que producto de su morfología andina, Chile es afectado periódicamente por aluviones generados desde las cuencas andinas y preandinas y así lo confirman también las estadísticas. Sin embargo, es muy poco lo que la población conoce de estos fenómenos hidrológicos y ésto, se refleja en el hecho de que cada vez que Chile se enfrenta a un aluvión tiene que lidiar con las pérdidas importantes que deja su paso sin que nadie se preocupe demasiado por prevenirlos. Medidas tan simples como educar a la gente sobre la ubicación de sus hogares en las quebradas, evitarían muchos incidentes y ahorrarían muchos recursos a las autoridades.

Hay muchas inmobiliarias que actualmente construyen poblaciones completas en las desembocaduras de las quebradas (que son en general tierras sin propietarios) y no informan a quienes compran su hogar allí de los riesgos que corren en caso de bajar un aluvión desde la cordillera; o bien, personas de pocos recursos que no tienen medios como para acceder a un terreno de otro tipo, construyen sus casas en estas zonas de riesgo exponiendo incluso sus propias vidas.

Así como Chile es un país expuesto a fenómenos sismológicos y volcánicos, lo es también a los fenómenos aluvionales y la población debería ser informada y prevenida.

1.2. Objetivos Generales del Curso

Los objetivos buscados durante el desarrollo del trabajo que se presenta a continuación, fueron principalmente introducir a los alumnos al diseño de ingeniería a través del estudio de protecciones con determinadas tecnologías para cauces naturales frente a fenómenos aluvionales, así como promover el conocimiento del peligro frente a desastres naturales, relacionados con la Ingeniería Civil Hidráulica para prevenir catástrofes que puedan afectar a la población a través de la difusión de la información recaudada.

Del mismo modo, se persiguió estimular en los alumnos sus capacidades como planificadores de proyectos, ya que debieron organizar trabajos grupales bajo ciertas condiciones, plazos de entrega y metas a cumplir, optimizando al máximo los tiempos y recursos disponibles. Finalmente, se introdujo a los estudiantes al aprendizaje del uso del Software *Autocad* para diseño de planos.

Los objetivos ya descritos, se abordaron mediante el diseño de un prototipo en miniatura (maqueta) de una quebrada junto a una protección ante aluviones, y/o una representación de los efectos de un fenómeno aluvional sobre el entorno (poblaciones aledañas afectadas o en riesgo).

Dicha estructura tiene como fin ser transportada a distintas regiones del país y ser presentada a poblaciones vulnerables como material educativo para crear consciencia sobre la ocurrencia de los ya nombrados fenómenos aluvionales. Para este fin, la maqueta debía constar de diversos requisitos:

1.2.1. Requisitos diseño de la Maqueta

- Representar una zona real del país.
- Ser transportable y cumplir con medidas determinadas (mínimo: 60cmx60cm y máximo: 80cmx80cm).
- Debe ser resistente.
- Cumplir con un presupuesto determinado de recursos (máximo \$20,000 por cada integrante del grupo).

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Conceptos Previos

El *aluvión* consiste en materiales detríticos transportados y depositados transitoria o permanentemente por una corriente de agua, que baja a través de quebradas hacia zonas menos depresivas y que es repentino.

Los *materiales detríticos* están conformados por acumulación de fragmentos de roca de diversos tamaños que caen desde un acantilado o ladera y que al ser alcanzados por agua se van mezclando con arena, tierra, vegetación del lugar, etc.

El aluvión sigue su camino hasta alcanzar el *Cono de deyección*, que es un depósito de tierra, arena, gravilla y restos orgánicos que se forman en el punto en que un torrente llega a un valle (su velocidad es lo suficientemente reducida para causar dichos depósitos). Su forma es cónica, hecho que le otorga su nombre.



Figura 1.1: Ilustración cono de deyección

1.3.2. Aluviones en el País

Los aluviones en Chile, son producto de cambios de temperatura repentinos en la Cordillera de Los Andes (gracias a los fenómenos del niño y de la niña principalmente), durante los períodos de lluvias. En altitudes, la nieve se derrite por frentes cálidos inesperados escurriendo en forma de aluviones hacia las depresiones centrales con efectos catastróficos cuando desembocan en áreas de concentración urbana.



Figura 1.2: Imágen Aluvión Antofagasta 1991

Recordemos que los fenómenos de El Niño y La Niña dan cuenta de condiciones anómalas, tanto atmosféricas como oceánicas, que se desarrollan en el Océano Pacífico. En el caso de Chile, se postula que al ocurrir un fenómeno Niño es muy probable que en los meses de invierno se produzca una situación hidrológica excedentaria, mientras que al ocurrir el fenómeno Niña se esperarían condiciones más secas de lo normal. Ambos casos pueden desencadenar crecidas muy fuertes en las cuencas hidrológicas, acompañadas de aluviones que provocan a menudo daños considerables.



Figura 1.3: Imágen aluvión Quebrada Macul (Santiago) 1993

Existen también otros factores que producen la aparición de un aluvión, por ejemplo, en los valles escarpados, las partes altas o medias son bloqueadas en ocasiones por derrumbes que retienen un volumen grande de agua que desciende de la cordillera. La ruptura de estas presas es a menudo muy rápida y con grandes cantidades de sedimentos (rocas) escurriendo bruscamente a fuertes velocidades hacia el valle. Otro caso posible, es que el fenómeno sea generado por algún accidente glaciar, es decir, por la caída de un gran volumen de hielo en un lago provocando su desborde, o bien alguna avalancha de hielo que se desprenda con volumen suficiente como para alcanzar las quebradas.

Durante los noventa, se produjeron cuatro aluviones que deben destacarse por sus consecuencias nefastas sobre áreas de concentración poblacional, ellos ocurrieron en: Antofagasta (segunda región), Santiago (región metropolitana), Copiapó (tercera región) y El Almendral (cuarta región).

LUGAR	FECHA	ALUVIONES DECADA DE 1990				CASAS	
		VICTIMAS		DAMNIFICADOS	DESTRUIDAS	DANADAS	
		MUERTOS	DESAPARECIDOS				
Antofagasta, II Región	18 Junio 1991	91	35	70.000	6.000		
Santiago, Región Metropolitana	3 Mayo 1993	26	8	32.646	307	5.610	
Copiapó, III Región	12 Junio 1997	7	-	-	-	-	
El Almendral, IV Región	18 Junio 1997	2	-	140	-	-	

Figura 1.4: Datos Aluviones en Chile década noventa

1.3.3. Barreras de protección contra aluviones

Con el fin de minimizar los efectos ya mencionados, existen distintos diseños de barreras de protección contra aluviones (mallas geobruigg, barreras de hormigón, *barreras madera-piedras o bolones*, etc.). Dichas barreras están ubicadas en lugares estratégicos de las quebradas en riesgo y la función de sus diseños, es en general, recibir el flujo de llegada de los detritos, el cual queda fraccionado por la morfología de la estructura: las partículas gruesas quedan retenidas mientras que el agua y el material fino fluyen a través de ella para seguir su camino de descenso hasta llegar a una nueva barrera y así sucesivamente. Se podrán usar diferentes tipos de barreras de protección contra torrentes y flujo de detritos dependiendo del ancho del torrente y de los parámetros de diseño del proyecto.



Figura 1.5: Mallas Geobruigg



Figura 1.6: Barreras de la quebrada de Macul



Figura 1.7: Barreras de hormigón en la segunda región

Dentro de los distintos tipos de Barreras, las de *Madera y piedra* (bolones) son recomendadas para zonas relativamente boscosas, húmedas y/o lluviosas (en zonas demasiado áridas la madera se reseca y quebraría). Al cumplir su vida útil, la madera y las piedras se incorporan de modo natural al medio y el sitio se prepara para levantar nuevas barreras (no es necesario remover las antiguas). Estas protecciones minimizan el torrente que fluye cuesta abajo paulatinamente, permitiendo el flujo de agua a través de los bolones y procurando que llegue al cono de eyección la menor cantidad posible de material detrítico y evitar así tragedias en las poblaciones cercanas.



Figura 1.8: Barreras tipo Madera-piedras

Capítulo 2

Desarrollo

2.1. Elección del tema

Para comenzar el proyecto se tuvo que resolver la incógnita sobre qué debería tener y/o mostrar una maqueta con fines educativos, enfocada a alumnos de colegios de diversas regiones del país y pobladores de zonas en riesgo, con la cual se debía además, instruir a éstos, sobre los peligros hidrográficos que podían producirse en puntos de sus comunas concientizándolos sobre la importancia de una buena planificación en las ciudades.

Para realizar ésto se debía escoger entre dos caminos acorde a los objetivos que el grupo escogiera para finalizar el proyecto. Dichos caminos eran: plasmar en la maqueta los daños producidos por los fenómenos aluvionales en la cuenca y sus alrededores, o bien, mostrar las posibles soluciones creadas por el hombre para minimizar los riegos en las zonas peligrosas de las mismas; el grupo decidió optar por esta última opción por los siguientes motivos:

- Primero, se consideró que en muchas localidades de nuestro país hay asentamientos urbanos ya localizados en las proximidades de las diversas cuencas andinas, por lo que se creyó que era más apropiado mostrar las soluciones a estos casos para que los pobladores pudiesen darse cuenta de que es posible minimizar el peligro que corren viviendo en esas condiciones.
- Segundo, mostrando opciones existentes y factibles se puede llegar más rápido a una solución real, demostrando que no es necesario que ocurra una catástrofe para que se tomen las medidas de resguardo necesarias por parte de las autoridades.

Para comenzar con la puesta en marcha del proyecto se definieron ciertos puntos de éste que no estaban aún establecidos, se buscaron opciones para el lugar geográfico del país en el cual se trabajaría la opción final y se fijó a la zona central como espacio a estudiar, en particular se usó la Quebrada La Plata (cercana a la comuna de Maipú) como base para representar el entorno.



Figura 2.1: Imágen Vista Quebrada La Plata



Figura 2.2: Emplazamiento Quebrada La Plata

Luego, se revisó el tipo de solución que se implementaría en la maqueta: en un principio se había definido un tipo determinado de solución para cada grupo, pero después se dejó a libre elección de cada uno de ellos. Se optó por la solución madera-bolones (o piedras redondeadas) la cual era una de las más apropiadas para la zona escogida previamente por sus condiciones climáticas y tipo de geografía, que hacen que estos materiales duren un tiempo prudente, siendo también económicos respecto a otros y ecológicos para el medio ambiente del sitio.

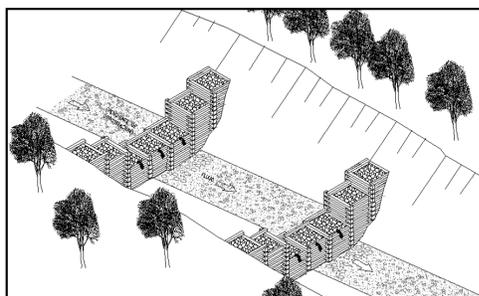


Figura 2.3: Diseño barreras madera-piedra

Este tipo de solución consiste en construir estructuras de madera con forma de recipientes cuadrados que son enterrados en diferentes lugares de la cueca y son rellenos con las rocas. Otro punto importante de este proyecto es que para enfatizar su función didáctica-educativa, se optó por incluir un sistema para variar las pendientes en la maqueta con el fin de poder representar distintas intensidades de los flujos a lo largo de su camino a través de las quebradas representadas. Para ésto, se diseñó un cajón con el cual poder acomodar ciertos soportes que permitieran los cambios deseados y se implementó un sistema de topes con los cuales regular el proceso descrito (se puede aumentar o disminuir la pendiente de la estructura dentro de un cierto rango).

2.2. Organización y metodología del trabajo

Para comenzar, se dividieron las actividades que se llevarían a cabo durante el semestre y se establecieron las fechas en que éstas debían ser cumplidas, todo ello se organizó en una carta Gantt, la cual sería la bitácora durante la realización del proyecto. Además, se fijaron días de reunión grupal para realizar los trabajos planteados en los objetivos del principio, se trataron de encontrar los horarios que más acomodaran a los integrantes del grupo, para que así se pudiera trabajar de una manera adecuada.

Luego, se comenzó a trabajar en la estructura en sí: se tuvo que hacer un diseño de ésta, realizando reiterados bosquejos de las diferentes vistas que se esperaban. En este período se recibieron los consejos de un arquitecto sobre los materiales que se podrían ocupar y cuales de ellos cumplían con el presupuesto y los fines de la maqueta (fácil transporte, estabilidad, poco peso, etc.). Entonces, se propuso un presupuesto y se procedió a comprar los materiales para la construcción, para ello se contó con un monto de \$20,000 por cada alumno del grupo.

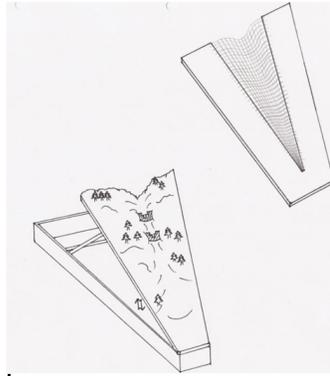


Figura 2.4: Bosquejo inicial



Figura 2.5: Materiales

Después de la compra de los materiales se comenzó con la construcción, primero se ensambló el cajón de madera que nos permitiera variar la pendiente en nuestro trabajo.



Figura 2.6: Estructura maqueta



Figura 2.7: Estructura maqueta

Después de esto se usó una mezcla homogénea de cola fría y agua para cubrir una estructura de rejilla de gallinero, gasa y papel, las cuales dieron la forma geográfica de la maqueta (relieves).



Figura 2.8: Relieve con alambre, papel y gasa, y relleno con agua y cola fría



Figura 2.9: Avance formación relieve

Finalmente se pintó el terreno con los colores escogidos y se procedió a decorar con los adornos de maqueta, entre los cuales estaban: árboles contruidos ingeniosamente con alambres trenzados, como troncos, y esponja molida de variados tonos verdes como follaje y barreras de madera armadas con palitos de maqueta. También se hicieron arbustos con otros tonos y para mayor realismo se introdujeron piedras pequeñas y pasto sintético para el paisaje.

Como el mensaje escrito no era entregado por la maqueta en sí, se optó por diseñar un pendón para poder exponer la información necesaria para la comprensión general y presentación del proyecto frente al público, en conjunto con esto el grupo se preparó para la presentación final condensando el material recopilado. En general la maqueta resultó como se esperaba, a pesar de que siempre hay aspectos a mejorar, pero se puede decir en general que cumplió con las expectativas.

La última tarea encomendada fue la realización de los planos de la estructura construida, en el Software *Autocad*. Para esto, contaron con dos capacitaciones para el uso básico de dicho programa computacional. Se adjuntan en el apéndice los planos realizados por los alumnos, además de un ejemplo de plano de curvas de nivel entregado en clases para ilustrar los alcances del conocimiento del uso de este software.



Figura 2.10: Decoración pintura y árboles



Figura 2.11: Decoración final

2.3. Presentación última revisión Carta Gantt

Desde los inicios del proyecto se propusieron metas dentro del grupo, las cuales como se mencionó previamente, fueron organizadas en la carta Gantt. A medida que fue avanzando el tiempo, se produjeron leves cambios en las distribuciones de plazos y metas, lo que obligó a modificar en un par de ocasiones la primera carta que se creó. Sin embargo, la ruta crítica (sucesión de hechos que podrían atrasar el avance general del proyecto a realizar) nunca se interrumpió de manera considerable por lo que los hitos más importantes dentro de los objetivos se cumplieron en los tiempos establecidos. Ésto permitió que el grupo no tuviera que planificar sesiones de trabajo adicionales. Dentro de la carta gantt se consideraron las fechas de compra de materiales, las fechas importantes de presentaciones de avance, informes de avances y presentación final, entre otras. Cabe destacar el hecho de que la Universidad corriera con todos los gastos de materiales y construcción en general, esto fue un importante factor que permitió contar con los recursos a tiempo para la compra de materiales. Se adjunta en el apéndice la carta gantt final y oficial.

2.4. Distribución de presupuesto

Con respecto al presupuesto se puede decir que se cumplió cabalmente respecto al estimado al principio del proyecto, ya que se gastó lo justo en todos los ámbitos. Los valores desigandos variaron muy poco en comparación a los que realmente se gastaron para la construcción. Un punto que no se tomó en cuenta en un principio fue la realización del pendón, pero afortunadamente en el presupuesto inicial se había considerado un monto dedicado a los imprevistos, con el cual se cubrió el gasto extra. A continuación se presenta el presupuesto final del proyecto (se menciona que algunos montos están aproximados a la centena superior con fines de simplificación de cuentas):

Material	Unidad	Dimensión	Precio Unidad	Total
Planchas Madera	3 planchas	80 cmx80 cm	\$ 2.500	
Clavos	40 unidades	6 mm	\$ 1.500	
Rejilla gallinero		80 cm	\$ 1.500	
Alambre		5 m	\$ 500	
Cartón Piedra	1 plancha	110 cmx70 cm	\$ 1.500	
Témperas y pinceles	6 unidades		\$ 1.000	
Spray	1 frasco		\$ 1.800	
Gasa	1 unidad	3 m	\$ 4.500	
Pintura Látex	1 tarro		\$ 3.500	
Palitos maqueta			\$ 3.000	
Adornos maqueta*			\$ 6.000	
Pegamentos**			\$ 8.000	
Bisagras			\$ 2.300	
Grapas			\$ 1.000	
Pendón			\$ 12.000	
*árboles, arbustos, pasto sintético, plasticina				\$ 54.600
**silicona, UHU, cola fría				

Figura 2.12: Presupuesto Final

Capítulo 3

Finalización

3.1. Conclusiones y recomendaciones

Dadas las experiencias entregadas por el curso, descritas en extenso anteriormente, se pueden obtener varias deducciones de carácter importante sobre el cumplimiento de los objetivos generales y particulares de lo propuesto y pensado en los principios del proyecto, éstos son:

- Se estudió y comprendió gran parte de la terminología usada por la Ingeniería Civil Hidráulica en el ámbito de los fenómenos aluvionales, con lo que se pudo entender varias problemáticas presentes en ciertos sistemas poblacionales existentes, analizados principalmente desde fuentes nacionales.
- A raíz de la comprensión recién descrita, se pudieron analizar soluciones para dichas problemáticas, redundando en el diseño de un objeto de estudio, que en este caso, fue un flujo libre con un deslizamiento de pendiente generalizada en torno a un 25 por ciento.
- La solución propuesta, representada en una maqueta, caracterizó algún lugar donde pudiese ocurrir un fenómeno aluvional. Esta maqueta cumplió todos los requisitos propuestos, es decir:
 1. Representa una zona real del país (Quebrada La Plata, comuna de Maipú, región Metropolitana).
 2. Es fácil de transportar y cumple de manera estricta las medidas determinadas (cuenta con un ancho máximo:60 cm y un largo máximo:80 cm).
 3. Es resistente a casi todo tipo de golpes y/o fisuras, ya que cuenta con una estructura sólida que la protege.
 4. Cumple con el presupuesto máximo (\$60,000), de hecho se gastó menos de lo esperado y la cifra final no llegó más allá de los \$56,000, aproximadamente.
- Además de los puntos ya nombrados, también se cumplió con un objetivo particular muy importante, consistente en la representación de cierto tipo de defensas de protección para los efectos de los aluviones. Respecto a este tipo de defensas incluidas en el diseño, se dice que ellas cumplieron con un patrón de construcción previamente establecido y visto en clases, lo que ayudó a dimensionar la resistencia que opone frente a los aluviones en la vida real.
- El software utilizado *Autocad*, sirvió para formalizar los planos de la maqueta de modo correcto. Ésto sirvió para ampliar las herramientas con que los alumnos cuentan para poder enfrentar futuros proyectos.
- Otro aprendizaje destacable fue el de la intención de velar por el desarrollo urbano sustentable de las poblaciones cercanas a quebradas afectadas por los fenómenos estudiados. Se concluyó que para que ésto ocurra, deben existir una serie de factores en equilibrio, como son: factores económicos (para invertir en construcciones), sociales (concientización de las personas sobre su entorno) y medioambientales (existencias de correctas predicciones de fenómenos climáticos).

- Se debería tratar de difundir información objetiva sobre la situación geográfica del país y así educar sobre los riesgos existentes en el medio urbano y rural frente a situaciones anómalas que pudiesen ocurrir.
- Debieran existir rangos sobre las potenciales desventajas de un mal manejo de los recursos naturales y humanos, para entender a través de ellos la verdadera gravedad, por ejemplo, de que existan empresas constructoras que potencien los asentamientos humanos en zonas que deberían estar resguardadas. Habría que informar sobre la zonificación de los territorios para evitar la excesiva expansión de las urbes; se debe evitar que el principal objetivo sea siempre la minimización de gastos.
- Los efectos se agravan cuando no se toman medidas preventivas y en muchos casos no es el fenómeno natural en sí el que causa mayores pérdidas humanas y materiales, sino la desorganización y poca preparación. De este punto resalta la trascendencia de los planes de *Alerta Temprana* y *Simulación de Desastres*, organizados por las autoridades, que permiten reacciones rápidas y efectivas ante situaciones de emergencia, es decir, no basta solo con construir las barreras de prevención, sino que también es necesario implementar planes adicionales.
- Todo este proceso, tanto de investigación, como de razonamiento y construcción, permitió finalmente que se idealizara un buen plan de información para proteger a quienes puedan estar en peligro y evitar así, tragedias como las ocurridas durante los noventa.

3.2. Bibliografía

Páginas Web:

- www.disfrutachile.bligoo.com
- www.electroconsultores.cl/Sector/art/elnino.htm
- www.es.wikipedia.org
- www.geobruigg.com
- www.scielo.cl

Revistas:

- Revista geológica de Chile (ISSN 0716-0208 versión impresa - Chile v.27 n.2 Santiago dic. 2000) Aluviones históricos en Antofagasta y su relación con eventos El Niño/Oscilación del Sur

Softwares:

- AutoCad (diseño de planos)
- LaTeX-Texnic Center (estructuración informe)
- Microsoft Publisher (diseño pendón)
- MSProject (diseño de Carta Gantt)

Capítulo 4

Apéndice

Índice de figuras

1.1. Ilustración cono de deyección	4
1.2. Imágen Aluvión Antofagasta 1991	4
1.3. Imágen aluvión Quebrada Macul (Santiago) 1993	5
1.4. Datos Aluviones en Chile década noventa	5
1.5. Mallas Geobrugg	5
1.6. Barreras de la quebrada de Macul	6
1.7. Barreras de hormigón en la segunda región	6
1.8. Barreras tipo Madera-piedras	6
2.1. Imágen Vista Quebrada La Plata	7
2.2. Emplazamiento Quebrada La Plata	8
2.3. Diseño barreras madera-piedra	8
2.4. Bosquejo inicial	9
2.5. Materiales	9
2.6. Estructura maqueta	9
2.7. Estructura maqueta	10
2.8. Relieve con alambre, papel y gasa, y relleno con agua y cola fría	10
2.9. Avance formación relieve	10
2.10. Decoración pintura y árboles	11
2.11. Decoración final	11
2.12. Presupuesto Final	12