

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Ricardo Riveros Velásquez

**“DIAGNÓSTICO DE TALUDES
URBANOS, EN BASE A CATASTRO DE
CARÁCTER VISUAL, PARA LA
COMUNA DE CHIGUAYANTE”**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

EDUARDO DEL RÍO LLANOS

CONCEPCIÓN, MARZO DE 2013

INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivos	4
1.2 Identificación y justificación del problema	4
1.3 Alcances del tema	5
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES	6
2.1 Definición Talud	6
2.2 Influencia del tipo de material	6
2.2.1 Macisos Rocosos.	6
2.2.2 Suelos	6
2.2.3 Rellenos.	7
2.3 Tipos de Movimientos.....	7
2.3.1 Desprendimiento.....	8
2.3.2 Vuelcos	8
2.3.3 Deslizamientos	9
2.3.4 Expansiones laterales.....	11
2.3.5 Flujos	11
2.4 Factores que afectan la estabilidad de taludes	12
2.4.1 Erosión.....	13
2.4.2 Cobertura vegetal.....	15
2.4.3 Sismicidad de la zona	16
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL CATASTRO A TALUDES	17
3.1 Determinación del área de estudio.....	17
3.2 Materiales a utilizar.	18
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CATASTRO	20

4.1	Resultados.....	20
4.1.1	Desprendimientos.....	22
4.1.2	Surquillos y Cárcavas	22
4.1.3	Vegetación	23
4.1.4	Obras Complementarias.	24
4.2	Priorización de intervención y propuestas de mejoras.....	24
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		27
REFERENCIAS		29

DIAGNÓSTICO DE TALUDES URBANOS, EN BASE A CATASTRO DE CARÁCTER VISUAL, PARA LA COMUNA DE CHIGUAYANTE.

Autor: Eduardo Del Río Llanos

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío - Bío

Correo electrónico: edelrio@alumnos.ubiobio.com

Profesor Patrocinante: Ricardo Riveros Velásquez

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío - Bío

Correo Electrónico: rriveros@ubiobio.cl

El crecimiento urbano de la comuna de Chiguayante ha llevado a sus habitantes a instalarse en las cercanías de los pies de los taludes, con el evidente riesgo de deslizamientos de suelos en época invernal, de los cuales la comuna ya tiene antecedentes.

El presente catastro, tiene por objetivo dar a conocer el estado actual de un grupo de taludes ubicados en la zona sur de la comuna, que es la zona que más sufre deslizamientos.

Se trabajó en terreno con una ficha de inspección de carácter visual, la cual permitió tomar nota de los distintos parámetros de interés que afectan a los taludes, logrando un registro rápido y completo.

Los resultados obtenidos dejan en manifiesto el avanzado grado de erosión que afecta a los taludes de la comuna, además dan a conocer el estado actual de sus obras complementarias. Se realiza además un diagnóstico de cada talud, proponiendo las mejoras pertinentes y el nivel de prioridad que se le debe otorgar a cada uno, en caso de intervención.

Palabras claves: Taludes, Erosión hídrica, Catastro.

5810 Palabras Texto+15 Figuras/Tablas*250+1 Figuras/Tablas *500=10.060 Palabras

DIAGNOSIS OF URBAN SLOPES, BASED ON REGISTRY OF VISUAL TYPE, FOR THE CHIGUAYANTE COMMUNE

Author: Eduardo Del Río Llanos

Civil and Environmental Engineering Department, University of the Bio Bío

edelrio@alumnos.ubiobio.com

Sponsor teacher: Ricardo Riveros Velásquez

Civil and Environmental Engineering Department, University of the Bio Bío

rriveros@ubiobio.cl

The urban growth in Chiguayante has led its inhabitants to install themselves near of the foot slopes, with the obvious risk of landslides in winter season, of which the commune already has antecedents.

The objective of this cadaster is to present the current state of a group of slopes located in the southern part of the commune, which is the area that most suffer from landslides.

On site worked with a registry of visual inspection, which allowed to note the various parameters of interest that affect the slopes, making a quick and complete registration.

The results obtained show the advanced level of erosion affecting the slopes of the commune, also make known the current status of their complementary works. It also makes a diagnosis of each slope, suggesting appropriate improvements and the level of priority that must be given to each, in case of intervention.

Keywords: Slopes, Water erosion, Cadaster.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Un talud es toda superficie inclinada con respecto a la horizontal, que adoptan las estructuras de tierra, ya sea de forma natural o como consecuencia de la intervención humana, en una obra de ingeniería.

Diversos son los factores que afectan su estabilidad, entre ellos se pueden mencionar la topografía del sector, la erosividad y erosionabilidad, las posibles sobrecargas y las solicitaciones sísmicas.

El agua es el factor que más comúnmente es asociada con las fallas de los taludes, debido a que la mayoría de los deslizamientos ocurren después de lluvias fuertes o durante períodos lluviosos.

La comuna de Chiguayante no está ajena al fenómeno, esta se sitúa a los pies de un extenso cordón cordillerano, que lo recorre en la totalidad de su extensión, delimitando el límite comunal por el lado oriente. Las precipitaciones en el sector superan los 1300 mm. al año y se caracteriza por presentar suelos derivados de rocas ígneas, que poseen un alto grado de susceptibilidad a la erosión.

El crecimiento urbano que la comuna ha experimentado y el agotamiento de espacios planos en su valle, han obligado a sus habitantes a establecerse en las cercanías de los pies de los taludes. Esto implica un evidente riesgo para la seguridad de sus pobladores, producto de los deslizamientos de suelo, de los cuales la comuna ya tiene antecedentes.

Con el presente catastro se dan a conocer las condiciones actuales de los taludes de la comuna, ya sean naturales o artificiales, evaluando en ellos parámetros como: el tipo de erosión presente y el grado de avance de éste, cantidad de vegetación en la superficie del talud, si presentan obras de evacuación de aguas lluvias y en qué condición se encuentran, si poseen obras de contención, entre otros. Para así determinar cuáles son los taludes que, en caso de intervención, deben ser prioridad para las autoridades de la comuna.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Diagnosticar taludes urbanos, en base a catastro de carácter visual, para la comuna de Chiguayante.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Catastrar taludes urbanos de la comuna de Chiguayante.
- b) Analizar información catastrada, de manera de identificar los requerimientos de mejora para taludes.
- c) Generar una priorización, según los tipos de deterioros identificados, y su grado de avance.
- d) Proponer mejoras a la condición de taludes catastrados.

1.2 Identificación y justificación del problema

La comuna de Chiguayante está ubicada dentro de la zona Metropolitana de Concepción. Debido al gran desarrollo que ha experimentado la región, concentra a más de 80.000 habitantes (INE, 2002), parte de ellos, al ver agotadas las zonas planas de construcción, se han asentado bajo los pies del extenso cordón cordillerano que lo recorre en toda su extensión.

Se caracteriza por presentar un microclima, gracias al entorno montañoso que lo rodea, que actúa como biombo climático. Posee un clima templado oceánico, con una estación húmeda de 8 meses de duración y una corta estación seca de verano. Las precipitaciones alcanzan, en promedio, a los mil 330 milímetros al año.

Parte de los suelos de la comuna, se caracterizan por estar conformados por suelos sedimentarios, arenosos y limosos, los cuales se ven enormemente propensos a fenómenos erosivos.

La zona sur de Chiguayante, es la que concentra el mayor número de deslizamientos de suelo en la comuna. Además se puede apreciar que sus habitantes se han instalado prácticamente en contacto con los cerros, en pleno recorrido de las masas de suelo en caso de deslizamiento o derrumbe. Conjuntamente el tipo de viviendas del sector es de material ligero o mixto, el cual aumenta la vulnerabilidad de sus moradores.

En síntesis, la comuna reúne una serie de factores que perjudican la estabilidad de los taludes, y que ponen en riesgo la vida de sus habitantes.

Por lo anterior, se hace necesario evaluar en qué condiciones se encuentran los taludes de la comuna, para lo cual, se procederá a aplicar una ficha de catastro de carácter visual, que permite conocer diversos factores relevantes para el diagnóstico del estado de los taludes de la zona.

1.3 Alcances del tema

Para poder realizar la toma de datos de manera completa y ordenada, se hará uso de una ficha de catastro, la cual incorpora todos los parámetros de interés.

El presente informe sólo recoge datos de manera visual, ya que el objetivo no es hacer un análisis de estabilidad, sino conocer los fenómenos visibles que se pueden medir en un talud, teniendo en cuenta la rapidez en la toma de datos.

Se catastrará un total de diez taludes, ubicados en la zona sur de Chiguayante. La selección de éstos es mediante la facilidad que existe para poder tomar los datos, puesto que la mayoría de los taludes de la comuna se encuentran sin ingreso público, ya que las viviendas impiden el acceso.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES

2.1 Definición de talud

Un talud es toda superficie inclinada con respecto a la horizontal, que han de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. Dependiendo si su origen es producto de la acción de agentes naturales o debido a la intervención humana, éstos se clasifican en taludes naturales o artificiales.

2.2 Influencia del tipo de material

La naturaleza intrínseca del material mantiene una estrecha relación con el tipo de inestabilidad que puede producirse, condicionando y pudiendo estimarse de antemano la susceptibilidad de cada material, a que se desarrolle un movimiento determinado.

Los terrenos en los que se producen los movimientos, pueden dividirse en tres grupos: Macizos rocosos, Suelos y Materiales de relleno.

2.2.1 Macizos rocosos

La distinta naturaleza de las rocas que forman los macizos rocosos implica una problemática determinada en su comportamiento ante la estabilidad de taludes.

Un macizo rocoso constituye un medio discontinuo que esencialmente se compone de bloques sólidos separados por discontinuidades. A partir de esta definición, se puede deducir que las propiedades tenso-deformacionales de los macizos rocosos son de naturaleza anisotrópica.

El comportamiento de un macizo rocoso, generalmente depende de las características de las discontinuidades (estratificación, diaclasas, fallas, esquistosidad, líneas de debilidad, etc.) que presenta, así como de la litología de la roca matriz y su historia evolutiva.

2.2.2 Suelos

Los suelos son un conjunto de partículas sólidas, sueltas o poco cementadas, más o menos consolidadas, de naturaleza mineral, fragmentos de roca, materia orgánica, etc., con fluido intersticial rellenando huecos y que han podido sufrir transporte o desarrollarse in situ.

El comportamiento de las masas de suelo se asemeja al de un medio continuo y homogéneo. Las superficies de rotura se desarrollan en su interior, sin seguir una dirección preexistente.

Básicamente suelen diferenciarse estos materiales atendiendo a su génesis:

a) Suelos residuales

Se originan cuando los productos de la meteorización no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan en el sitio en que se van formando.

b) Suelos transportados

Son aquellos que se formaron por meteorización de la roca en un lugar y posterior transporte a otro lugar mediante agentes externos, como el agua, viento, gravedad, etc.

2.2.3 Rellenos

Se agrupan bajo esta denominación todos aquellos depósitos artificiales, realizados por la demanda de ciertas actividades, como construcción de obras civiles (terraplenes, presas de tierra, etc.) o bien como cúmulo de materiales de desecho, sobrantes, estériles, etc. (vertederos y escombreras).

Las consideraciones técnicas del comportamiento de estos rellenos tienen una gran semejanza con el de los materiales tipo suelo.

Los movimientos que se producen siguen la pauta de los que tienen lugar en los suelos, desarrollándose a través del material, según una superficie no determinada previamente.

2.3 Tipos de movimientos

Las clasificaciones de movimientos de ladera más aceptadas se basan en las características cinemáticas de los movimientos, es decir, en los mecanismos de propagación. Para identificar el mecanismo actuante es necesario acudir a detalladas observaciones geomorfológicas, geométricas y al análisis de los desplazamientos en superficie y en profundidad. Raras veces se dispone de toda esta información y la identificación del mecanismo se realiza casi exclusivamente a partir de la forma de la masa movida. Ésta, no siempre permitirá una adecuada diagnosis por cuanto que mecanismos distintos pueden generar formas parecidas. Todas las clasificaciones coinciden en la existencia de, al menos, cinco mecanismos principales, que son: desprendimientos, vuelcos, deslizamientos, expansiones laterales y flujos.

2.3.1 Desprendimientos

El desprendimiento se origina por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado. El movimiento tiene lugar mediante caída libre y posterior rebote o

rodadura. Es frecuente que al impactar contra la superficie del terreno, la masa caída se rompa en multitud de fragmentos. En suelos, los desprendimientos son causados por socavación de taludes debido a la acción del hombre o erosión de quebradas.

La rotura suele producirse por deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura, proporcionando a la masa despegada una velocidad inicial. La propagación de los desprendimientos en laderas con pendientes superiores a los 76° se produce preferentemente por caída libre, por debajo de este ángulo los impactos contra el terreno son frecuentes, mientras que en laderas de menos de 45° la propagación se realiza por rodadura y eventualmente por deslizamiento.

Los volúmenes de los desprendimientos son extremadamente variables, desde las frecuentes caídas de bloques de pocos metros cúbicos, hasta la caída de grandes partes de una montaña que se manifiestan en casos muy excepcionales.

Las caídas de bloques son extremadamente rápidas, por lo que es casi imposible poderlas esquivar. El impacto de un desprendimiento puede herir mortalmente a una persona, aplastar vehículos y agujerear paredes de edificios.

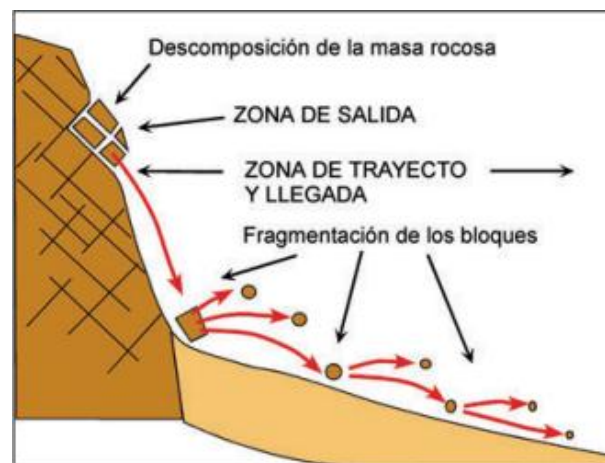


Figura 1. Esquema de un desprendimiento.

Fuente: Esquema obtenido de Copons, 2007.

2.3.2 Vuelcos

Los vuelcos son columnas rocosas, o de tierras, que muestran un movimiento de rotación hacia delante y hacia el exterior de una ladera alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad.

Los vuelcos se producen principalmente en escarpes en donde existen fracturas verticales en el terreno que son las causantes de separar las columnas rocosas, o de tierras, susceptibles al vuelco.

Las velocidades son, en su inicio, lentas pero suelen acelerarse hasta ser extremadamente rápidas. Los efectos destructivos son similares al de los desprendimientos.

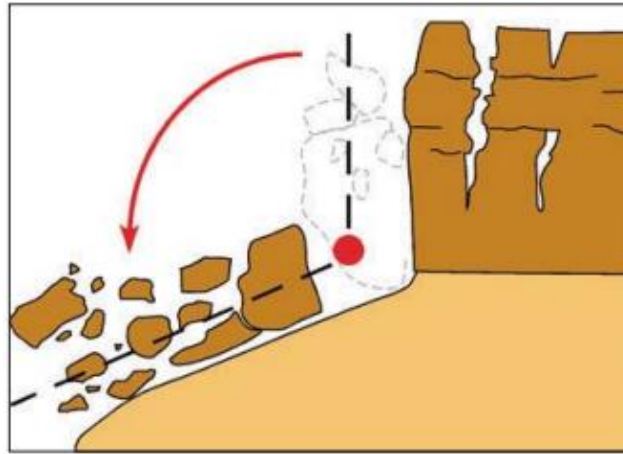


Figura 2. Esquema de un vuelco.

Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos.

2.3.3 Deslizamientos

Son movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies, o a través de una franja relativamente estrecha del material. Generalmente las superficies de deslizamientos son visibles o pueden deducirse razonablemente. La velocidad con que se desarrollan estos movimientos es variable, dependiendo de la clase de material involucrado en los mismos. El movimiento puede ser progresivo, produciéndose inicialmente una rotura local, que puede no coincidir con la superficie de rotura general, causada por una propagación de la primera.

Se pueden diferenciar dos tipos de deslizamientos: los deslizamientos rotacionales y los deslizamientos traslacionales. La distinción entre deslizamientos es importante en lo que se refiere a los análisis de estabilidad y el diseño de medidas de control y estabilización. Este tipo de movimientos es el que dispone de métodos de análisis y modelización más desarrollados.

a) Deslizamientos rotacionales

La rotura se produce a lo largo de una superficie curvilínea y cóncava. El terreno experimenta un giro según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. El material de cabecera efectúa una inclinación contra ladera, generando depresiones donde se acumula el agua, e induce nuevas reactivaciones. Este tipo de mecanismo es característico de suelos cohesivos homogéneos y de macizos rocosos intensamente fracturados. En materiales arcillosos,

especialmente si hay presencia de agua, el pie puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras o colada.

La principal causa de este tipo de falla es el incremento de la inclinación del talud, la meteorización y fuerzas de filtración; sus consecuencias no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.

La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada, teniendo gran influencia la inclinación de la superficie de rotura en el pie del deslizamiento.

b) Deslizamientos traslacionales

En este tipo de deslizamientos, que pueden ocurrir de manera rápida o lenta, la masa de terreno se desplaza hacia fuera y abajo, a lo largo de una superficie de falla plana bien definida, con pequeños movimientos de rotación. Comúnmente el movimiento de la masa deslizada hace que ésta quede sobre la superficie original del terreno.

Los deslizamientos traslacionales están controlados por discontinuidades (estratificación, esquistosidad, fallas, etc.), influyendo la variación de la resistencia al corte entre estratos de diferente naturaleza, diferente grado de meteorización, distintos tipos de rellenos en discontinuidades, etc.

En general, durante los periodos iniciales de la falla, se generan grietas de tracción con un pequeño deslizamiento, luego se pueden observar escarpes frescos que dejan los bloques con posterioridad al movimiento. En algunos casos, este movimiento deja sin vegetación la zona deslizada y los escombros quedan expuestos al pie del talud.

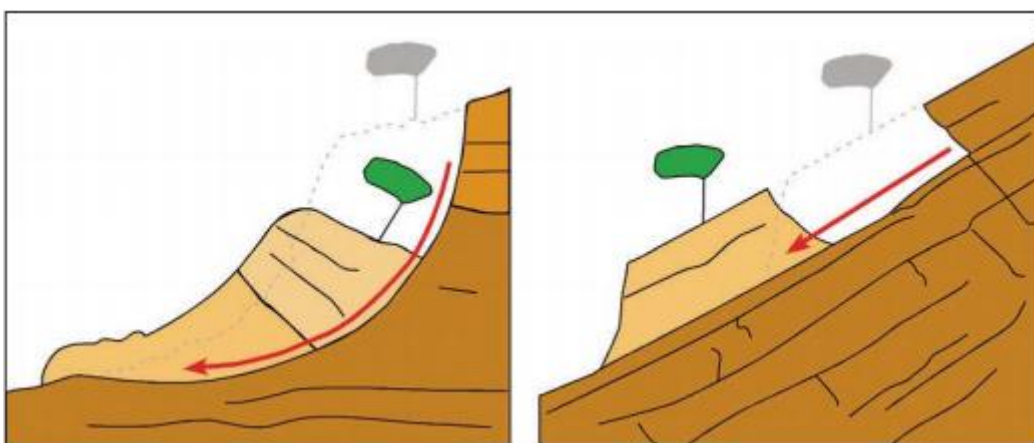


Figura 3. Esquema de un deslizamiento rotacional (izquierda) y traslacional (derecha).

Fuente: Servicio Geológico del Canadá.

2.3.4 Expansiones laterales

Son una forma de falla planar que ocurre en rocas y suelos. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana que representa una zona débil. Cuando estos mecanismos se producen en medios rocosos, se desarrollan con poca velocidad, por el contrario, en suelos se producen súbita y rápidamente.

Pueden ser disparados repentinamente por eventos sísmicos. Sin embargo, bajo acciones gravitacionales se generan grietas de tensión. Durante la falla progresiva, las grietas de tensión se abren y los escarpes se forman grandes bloques.

Las expansiones laterales más habituales se manifiestan cuando existen formaciones duras sobre formaciones arcillosas que son propensas a la licuefacción.

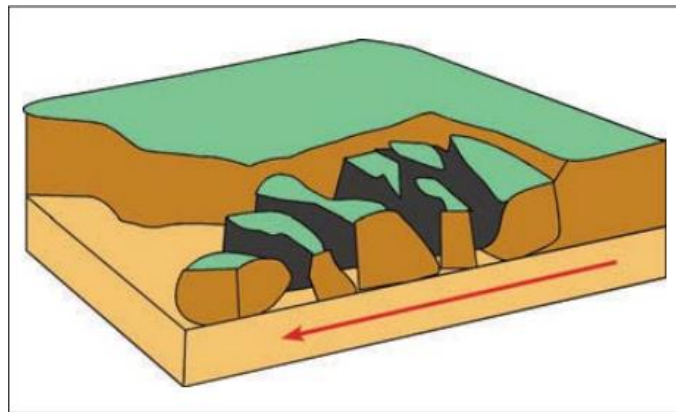


Figura 4. Esquema simplificado de una expansión lateral

Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos.

2.3.4 Flujos

Un flujo es un movimiento continuo, similar a un líquido viscoso, que no preserva la estructura interna original del material desplazado, sino que adopta la morfología de la pendiente por la que discurre.

Existe una gradación desde los deslizamientos a los flujos, dependiendo del contenido de agua, movilidad y evolución del movimiento. Un deslizamiento de derrubios puede convertirse en una corriente o avalancha de derrubios a medida que el material pierde cohesión, incorpora agua y discurre por pendientes más empinadas.



Figura 5. Esquema de una colada fangosa

Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos.

2.4 Factores que afectan la estabilidad de taludes

Los procesos que ocurren en un talud son generalmente complejos y dependen de gran cantidad de factores, los cuales interactúan entre ellos para definir un comportamiento. En el análisis de los movimientos es de primordial importancia el reconocimiento de las causas que condicionan la estabilidad de taludes y también aquellos otros que actúan como desencadenantes de los movimientos, los cuales se resumen en la tabla N°1. Como la comuna de Chiguayante está en contacto en su totalidad con la cordillera de la costa, se hace imposible estudiar todos los factores en cada sector, lo cual implica un fuerte gasto económico, y de tiempo. Además, según los antecedentes de la comuna, el deterioro superficial de los taludes es una causa importante a considerar cuando se analiza la estabilidad de las estructuras; es por ello que a continuación se profundiza en los factores que afectan la pérdida de suelo y su resistencia superficial.

AGENTES	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Condicionantes (dependen de las características de la ladera)	<i>Morfología y Topografía</i>	El relieve influye en la estabilidad, a mayor pendiente y altura aumenta el efecto gravitacional.
	<i>Geología y características de los suelos superficiales</i>	El tipo de roca, grado de alteración y meteorización, presencia de discontinuidades (grietas, fracturas, fallas), planos estratigráficos, porosidad, permeabilidad, propiedades físicas y mecánicas (resistencia y deformación), y estado de esfuerzos.
	<i>Condiciones hidrogeológicas</i>	El agua en el interior del terreno disminuye la resistencia cortante al aumentar la presión intersticial, además incrementa el peso volumétrico del terreno con el consiguiente aumento en los esfuerzos actuantes.
	<i>Vegetación</i>	Las raíces fijan los suelos superficiales a los estratos de roca más resistentes ubicados a mayor profundidad, absorben el agua contenida en el suelo y atenúan la erosión superficial al mitigar el impacto de las gotas de lluvia y reducir la velocidad de escurrimiento.
Desencadenantes (factores externos responsables de la inestabilidad)	<i>Lluvias</i>	Su efecto depende de la intensidad, duración y distribución de la lluvia; puede ocasionar disolución de cementantes y rotura de capilaridad, además influye directamente en factores condicionantes como la meteorización y el nivel de agua subterránea.
	<i>Terremotos</i>	Las vibraciones sísmicas originan fluctuaciones en el estado de esfuerzos en el interior del terreno y pueden originar todo tipo de movimientos (caídos, deslizamientos, flujos, avalanchas, etcétera), dependiendo además de la magnitud del sismo y la distancia al epicentro.
	<i>Vulcanismo</i>	Las erupciones volcánicas pueden originar deslizamientos o avalanchas de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos volcánicos; además que el deshielo de las partes altas puede originar flujos rápidos.
	<i>Congelación y deshielo</i>	Factores climáticos que afectan principalmente a regiones frías; este fenómeno produce expansiones, contracciones e infiltración de agua en fisuras y grietas.
	<i>Erosión y socavación</i>	Incluye la acción erosiva de ríos y oleaje, produciendo los siguientes efectos: - Socavación del material en el pie de la ladera que modifica el estado tensional y aumenta las fuerzas cortantes actuantes. - El deslizamiento puede embalsar un río y después romper súbitamente.
<i>Actividad humana</i>	Influye en la estabilidad al cambiar la geometría de la ladera por excavaciones, construcción de caminos y presas, sobrecargas debido a estructuras, terraplenes o rellenos, voladuras, etc.; además, estas obras en general cambian las condiciones hidrogeológicas al alterar el drenaje superficial afectando el nivel freático y el flujo natural de escurrimiento. También se incluye la deforestación como una de las actividades humanas que más influencia negativa tiene en la estabilidad de una ladera.	

Tabla 1. Factores que intervienen en la estabilidad de taludes.

Fuente: Revista Elementos N°84, Vol. 18.

2.4.1 La erosión

Se entiende por erosión a la degradación, arrastre y depositación de las partículas de suelo, la cual puede ser generada por agentes naturales y humanos.

La primera de estas se denomina erosión natural o geológica, y forma parte del ciclo geográfico, que abarca los cambios que sufre un relieve por la acción de distintos agentes (agua, viento, hielo y gravedad), desarrollándose de manera natural con el correr de los años.

La segunda, también conocida como erosión antrópica o acelerada, se debe a la remoción de la cobertura vegetal que recubre los suelos, producto de la intervención del hombre, lo que facilita la degradación de la capa superficial mediante los agentes naturales antes mencionados.

Los principales y más relevantes agentes erosivos a los que se ven expuestos los taludes, son la erosión eólica y la erosión hídrica, producto del viento y del agua, respectivamente.

2.4.1.1 Erosión eólica

Proceso de desgaste mediante el cual el viento desprende las partículas de suelo o transporta las que se encuentren sueltas, las que a su vez mediante abrasión contribuyen a la destrucción de la capa superficial del terreno.

El potencial de erosión del viento es proporcional a la velocidad que este posee, es por esto que frente a regímenes turbulentos, se ve incrementado su poder erosivo.

2.4.1.2 Erosión hídrica

Este tipo de erosión es causada por el impacto de las gotas de lluvia sobre el terreno, lo que disgrega las partículas, permitiendo su arrastre y por lo mismo, la pérdida de suelo. Su efecto se ve incrementado si el terreno no está debidamente protegido por un manto vegetal. En la región del Biobío, este tipo de erosión es la que más afecta a los taludes construidos en el Batolito Costero.

Los procesos de erosión hídrica se restringen a tres tipos básicos, correspondientes a: erosión laminar, erosión en surcos y erosión en cárcavas; distinguiéndose respectivamente en un orden creciente en función del daño producido al suelo.

a) Erosión laminar

Según Honorato (2000), la erosión laminar se define como el movimiento uniforme y difuso de una capa delgada de suelo sobre las laderas, como consecuencia del escurrimiento del agua.

Este tipo de erosión es altamente perjudicial, debido a que aporta grandes cantidades de sedimentos a los cursos de agua, además de remover la capa más fina de suelo, lo que se traduce en una notable disminución en la fertilidad (Mintegui y López, 1990). La erosión laminar deja al descubierto nuevas capas que son más erosionables.

b) Erosión en surcos

La erosión por surcos o surquillos, ocurre cuando por pequeñas irregularidades del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para

hacer cortes y formar canalículos que se manifiestan en la superficie (Suárez, 1980). Este tipo de erosión se puede eliminar con la labranza (Honorato, 2000).

c) Erosión en cárcavas

Esta representa un estado avanzado de erosión; su formación es compleja y ha estado precedida por los tipos de erosión descritos anteriormente. La erosión en cárcavas se genera por una gran concentración de escorrentía y se manifiesta por profundas incisiones en el terreno. Esto ocurre como consecuencia del flujo de agua que amplía y profundiza el surco o por la concentración del escurrimiento de varios surcos en uno, que posteriormente se agranda por socavamiento y por aceleración del proceso en dirección de la pendiente (Honorato, 2000).

2.4.2 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal es la más importante defensa contra la erosión, esta actúa como barrera amortiguadora, protegiendo el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia. Sus componentes, como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas y del viento, y ayudan a disminuir la velocidad de la escorrentía al aumentar la rugosidad del terreno. Además sus sistemas radiculares contribuyen a aumentar la resistencia mecánica del suelo.

Como se menciona anteriormente, la vegetación cumple un papel fundamental como agente regulador de los procesos que intervienen en la generación de pérdidas de suelo, pues tiene relación con los siguientes aspectos:

- a) Interceptación: el follaje y los residuos de las plantas absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación del suelo por el impacto de sus gotas directamente sobre la superficie.
- b) Retención: físicamente, el sistema de raíces amarra o retiene las partículas del suelo, además, las partes aéreas funcionan como trampas de sedimentos.
- c) Retardación: sobre la superficie, los residuos incrementan su aspereza, o dicho en otras palabras, aumentan el coeficiente de rugosidad del terreno, disminuyendo así la velocidad de escorrentía.
- d) Infiltración: las raíces y los residuos de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo.
- e) Transpiración: el agotamiento de la humedad del suelo por las plantas retrasa la saturación y con ello la aparición de escorrentía superficial; González (1995) anota la importante función que cumple la vegetación en la regulación de humedad del suelo: árboles grandes individuales pueden absorber entre 100 y 150 litros de agua por día soleado.

Por otra parte, de forma ya no genérica sino aplicada, la vegetación cumple un importante papel en términos de la prevención de movimientos en masa, de manera especial con relación a los deslizamientos superficiales en laderas. Con respecto a esto, las posibles formas en que la vegetación afecta el balance de fuerzas son (Gray y Leiser, 1982):

- f) Refuerzo de las raíces: mecánicamente las raíces refuerzan el suelo al transferirle resistencia a la cizalladura, con tensiones de resistencia en la raíz.
- g) Modificación del contenido de humedad del suelo: la evapotranspiración y la interceptación por el follaje limitan la aparición de esfuerzos en el suelo por humedad.
- h) Apuntalamiento: el anclamiento y embebimiento de los troncos hace que éstos actúen como pilares-puntales o contrafuertes en las laderas, contrarrestando las tensiones por cizalladura; se dice que los troncos actúan como anclas rígidas, favoreciendo el sostenimiento o restricción lateral contra el movimiento superficial del talud. El arqueado ocurre cuando el suelo intenta un movimiento a través y alrededor de las filas de árboles, los cuales se encuentran finamente anclados en el suelo; dicho fino anclaje de los árboles se puede lograr si éstos logran un contacto radicular con rocas o a una alta profundidad de sus raíces.
- i) Peso de la vegetación: ejerce dos tipos de esfuerzos, uno desestabilizante hacia abajo de la pendiente y uno que es componente perpendicular a la pendiente el cual tiende a incrementar la resistencia al deslizamiento.

2.4.3 Sismicidad de la zona

Los movimientos sísmicos son factores que pueden acelerar y desencadenar grandes movimientos de masa, como resultado de la generación de una serie de vibraciones que se asocian a un incremento de la aceleración vertical y horizontal. Estas oscilaciones provocan una sacudida del suelo, desplazan de su vertical a la componente de peso de una ladera e inducen una mayor tensión tangencial de cizalla en el plano de rotura. Además, como resultado de la alteración del empaquetamiento de los granos del terreno, se disminuye la cohesión.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL CATASTRO A TALUDES

El catastro se realizó a taludes ubicados en la zona sur de la comuna de Chiguayante, puesto que en esta zona son más habituales los movimientos de masas.

Los taludes catastrados se ubican dentro de una zona urbana, en donde los habitantes de la comuna han instalado sus viviendas y han generado espacios verdes, en la misma trayectoria que tendrían los movimientos de suelo, en caso de producirse un derrumbe o deslizamiento, con todos los riesgos que esto conlleva. Además, en esta zona se concentran las zonas más vulnerables de la comuna, las que cuentan con viviendas de material más ligero.

3.1 Determinación del área de estudio

Para llevar a cabo el catastro, en primer lugar, se hizo necesario definir el sector de la comuna que iba a ser estudiado. Para ello se recurre a diversas fuentes de información, como son las publicaciones en diarios, que hacen referencia a movimientos de suelos en determinados sectores; sitios de internet, en donde se caracterice la geografía de la comuna; el software de licencia libre Google Earth, para poder apreciar los taludes a través de sus imágenes satelitales; entre otros.

Teniendo claro que la zona que es más propensa a sufrir deslizamientos, según los antecedentes encontrados, es la ubicada en la zona sur de Chiguayante, se procede a realizar una visita a terreno con el objetivo de conocer el área y determinar los taludes a catastrar.

En la primera visita se bordeó el cerro manquimávida, comenzando de Sur a Norte, desde el inicio de la calle Bernardo O'higgins.

Al comenzar el recorrido se identifica la restricción de acceso a la zona de interés, puesto que las viviendas están construidas sin ningún distanciamiento al cerro, con lo que no sólo se impide recorrer el talud en su totalidad, sino que también se dificulta el poder observar su estado.

El sector se caracteriza por poseer pasajes que frecuentemente desembocan en pequeñas plazas y áreas verdes en las que es posible hacer el ingreso, para observar los taludes colindantes y sus diversas características, sean naturales o artificiales, y todas sus obras anexas.

Se realiza un registro con la ubicación de cada talud mediante GPS, la calle por donde se ingresa y se complementa con fotografías para su identificación.

De la visita se seleccionan un total de 10 taludes, los cuales se identifican en la siguiente imagen satelital.



Figura 6. Taludes seleccionados para el catastro.

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Materiales a utilizar

Para poder llevar a cabo el catastro, es de suma importancia llevar un registro ordenado y completo de todos los datos que son relevantes para conocer el estado de un talud. Es por esto, que se hace uso de una ficha de catastro, confeccionada por Gustavo Machuca Castro, la cual de manera simple aúna todos los parámetros de interés.

Identificación		N° visita	
Monitor		Fecha	
Hora inicio		Hora término	
Ubicación			
Geometría		Plano de ubicación	
Altura máx. (m)			
Altura promedio (m)			
Ancho (m)			
Pendiente promedio (°)			
Aterramiento	Si No		
N° de terrazas			
Dist. Casas - talud (m)			
Tipo de suelo			
Construcciones o excavaciones cercanas	Si No		
Afirmamiento de agua	Si No		
Vegetación cara del talud		Fotografía del talud	
No presenta			
Leve			
Moderada			
Alta			
Inclusión de árboles:			
	Si No		
Observación del viento			
Intensidad	Hora		
Leve			
Moderada			
Alto			
Estado de obras realizadas:			
Obras	Condición	Opción: Mejoramiento, mantención, nada.	
Contención			
Perfilado			
Control de erosión			
Otras			
Ninguna			

Nivel de deterioro e inestabilidad				
Surgidos	Cárcavas	Desprendimientos	Orreras de tracción en la comaa	
Derrumbes	Si No			
Detalles de surgidos preponderantes:				
Número	1	2	3	4
Longitud (m)				
Ancho (m)				
Profundidad (m)				
Detalles de deterioro de cárcavas preponderantes:			Orreras de tracción en coronas	
Número	1	2	3	1
Longitud (m)				2
Ancho (m)				
Profundidad (m)				
Grado de erosión				
No presenta	Leve	Moderada	Alta	
Observaciones generales:				

Tabla 2. Ficha de Catastro

Fuente: Machuca, G. (2013). “Propuesta de instrumento de inspección visual, para taludes urbanos”.

Dado el auge tecnológico de la actualidad, las tomas de datos se ven facilitadas mediante el uso de teléfonos inteligentes, puesto que cada vez más equipos cuentan con tecnología GPS, la cual permite de manera simple y rápida, conocer la ubicación y obtener una imagen satelital del sector estudiado. Además las cámaras fotográficas integradas en estos dispositivos, cuentan con la resolución suficiente para poder captar los detalles que son de interés para el catastro.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CATASTRO A TALUDES

En este capítulo se resumen los resultados obtenidos de la aplicación de la ficha de catastro, para cada uno de los taludes seleccionados.

La aplicación de dicha ficha, deja en manifiesto la susceptibilidad de la zona a verse afectada por procesos erosivos, en los cuales la erosión acelerada producto de las actividades del hombre, sumado a que la zona cuenta con precipitaciones promedio anuales de 1.300 milímetros al año, convergen en una acusada pérdida de suelo. Además se evalúa en qué condiciones se encuentran las obras destinadas a mejorar y mitigar los daños a los que se ven expuestos los taludes.

Para presentar los resultados, es importante indicar si el fenómeno se encuentra en el talud, y además indicar el porcentaje de superficie en que este se encuentra. Para ello se utilizará la escala de la tabla 3, además se indicará el tipo de obras que posea el talud y el estado en que se encuentra, ya sea malo, regular o bueno.

Grado	Superficie	Nivel
No Presenta	-	0
Leve	0-25%	1
Moderada	25-50%	2
Alta	>50%	3

Tabla 3. Escala para medir presencia del fenómeno

Fuente: Machuca, G. (2013). “Propuesta de instrumento de inspección visual, para taludes urbanos”.

4.1 Resultados

En las siguientes tablas se resumen los datos obtenidos con el catastro:

Talud N°	Surquillos	Cárcavas	Desprendimientos	Vegetación
001	1	1	1	3
002	0	1	1	1
003	1	0	1	3
004	2	2	0	1
005	1	2	0	2
006	1	0	1	0
007	2	1	2	0
008	1	2	1	2
009	0	0	0	0
010	1	0	1	2

Tabla 4. Primera tabla de resultados.

Fuente: Elaboración propia.

Talud N°	Perfilado	Control	Contención	Estado(s) Obra(s)
001	×	×	×	-
002	✓	×	×	Regular
003	×	×	×	-
004	×	✓	×	Malo
005	✓	×	×	Regular
006	✓	✓	×	Bueno
007	×	✓	✓	Regulares
008	×	×	×	-
009	✓	✓	×	Bueno
010	×	×	×	-

Tabla 5. Segunda tabla de resultados

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Desprendimientos

Los Taludes catastrados, en su mayoría, no presentan o presentan un nivel leve de desprendimientos, lo que indica, que la superficie afectada por este fenómeno, no alcanza más del 25% en cada talud.

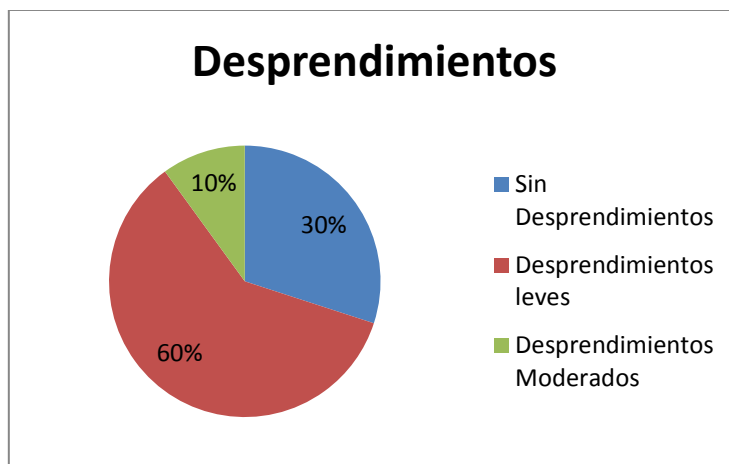


Figura 8. Presencia de Desprendimientos.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Surquillos y Cárcavas

De los resultados anteriores, se puede observar el nivel de erosión que afecta a los taludes de la comuna, los cuales se reflejan en la tabla 7, lo que complementado a lo observado en las visitas de terreno, permiten presentar las siguientes observaciones:

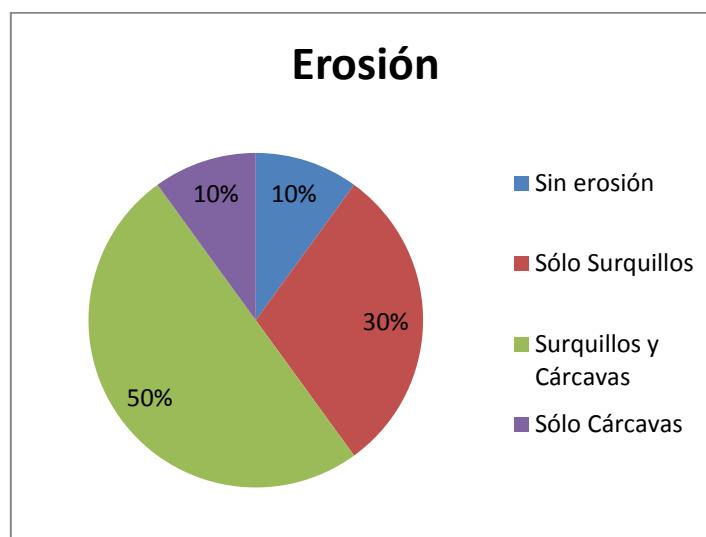


Figura 7. Presencia de Fenómenos erosivos.

Fuente: Elaboración propia.

- Del total de taludes catastrados, sólo uno no presenta signos visibles de erosión, lo cual corresponde al Talud N° 009. Esto se debe, a que por ser un talud recientemente intervenido, los fenómenos atmosféricos aún no han dejado huella en su superficie.
- Los Taludes N°003, N°006 y N°010, sólo presentan surquillos y no cárcavas. En este caso, la erosión hídrica es más avanzada que el caso anterior y se han formado pequeños canales, por donde se acumula el agua que escurre por la superficie.
- El caso más recurrente observado en la comuna, es la presencia conjunta de surquillos y cárcavas, en donde se aprecia mucha más pérdida de suelo, equivalen al 30% del total. Los taludes que entran en esta categoría, sufren en mucha mayor medida, el efecto de la erosión hídrica.
- El Talud N°001 presenta surquillos y cárcavas en una mínima porción de su superficie. Al no poseer una bajada revestida para el escurrimiento del agua, éste presenta una cárcava de gran profundidad, que es donde se concentra prácticamente todo el flujo de agua.
- En el Talud N°005, pese a contar con una bajada de agua, la principal porción del flujo desciende por otro sector de su superficie, formando una cárcava de gran profundidad.
- Solamente el Talud N°002 presenta cárcavas y no surquillos.

4.1.3 Vegetación

Según los resultados obtenidos, el 50% de los taludes catastrados, posee vegetación dentro del rango del 25% a la totalidad de su superficie.

Dos de los tres taludes que no presentan vegetación, fueron intervenidos recientemente, por lo que su superficie aún no ha desarrollado ningún tipo de vegetación. El talud restante no presenta vegetación a causa de su avanzado grado de erosión.

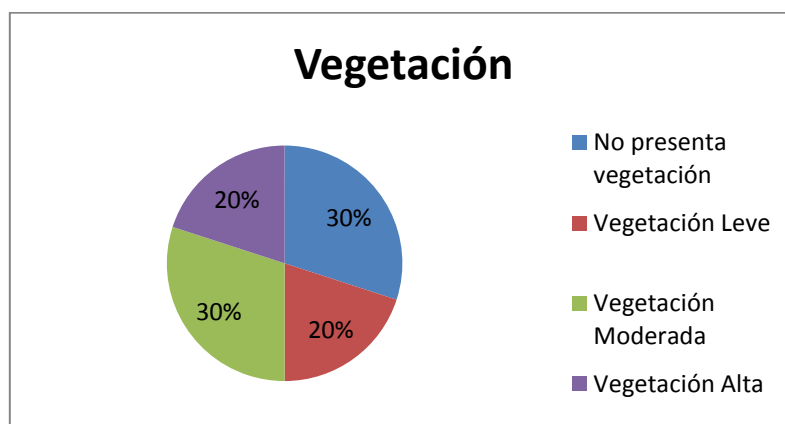


Figura 9. Presencia de Fenómenos erosivos.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Obras Complementarias

Del total de taludes catastrados el 40% no presenta ningún tipo de obra realizada, además el 20% del total ha sido perfilado, más no complementado con algún sistema que controle la erosión. Los resultados se resumen en la figura N°10.

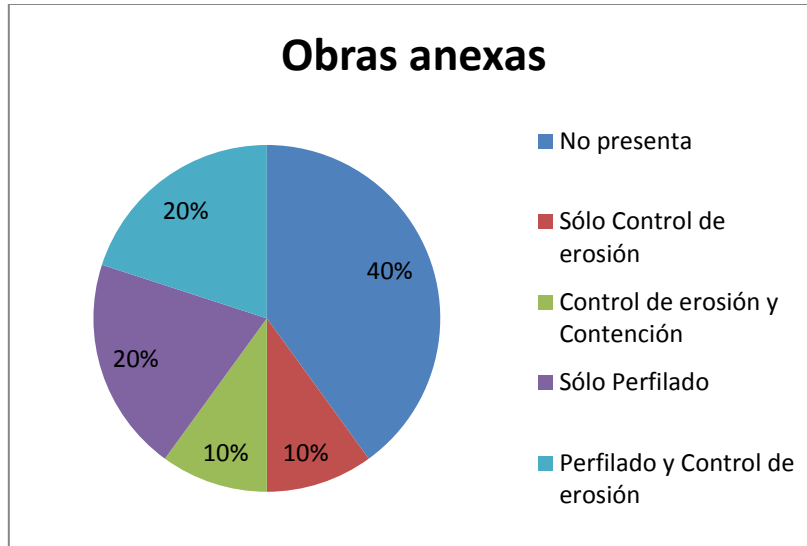


Figura 10. Presencia de Obras anexas.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Priorización de intervención y propuesta de mejoras

A continuación se evalúa el estado de cada talud, indicando la condición en que se encuentran. Además se recomiendan soluciones a los fenómenos identificados y se define un nivel de importancia para una posible intervención.

Talud N°001: Según los datos obtenidos, este talud presenta un nivel leve de erosión. La abundante vegetación lo protege del impacto de la lluvia, pero al no contar con un mecanismo que permita transportar el flujo superficial, se evidencia la pérdida de suelo en un sector específico de su superficie.

Dado que el talud se encuentra en buenas condiciones, pero a su vez se encuentra muy cercano a viviendas, su prioridad de intervención es media. Se recomienda implementar una solución que permita eliminar el flujo superficial del talud.

Talud N°002: Al igual que el caso anterior, este talud no posee un control de aguas superficiales, por lo que se recomienda implementarlo. Por otra parte, su superficie tiene poca vegetación, con

lo que se ve expuesto a los fenómenos erosivos, se recomienda vegetar. Nivel de intervención media.

Talud N°003: Talud natural que sólo posee surquillos, de vegetación abundante y relativamente alejado de las viviendas. Se recomienda no intervenir por el momento, pero si mantenerlo monitoreado. Nivel de intervención bajo.

Talud N°004: Talud de erosión moderada, cuenta con una bajada de agua que presenta socavación en su contorno y el flujo principal de agua descendiendo por otro sector. Cuenta con poca vegetación, lo que lo hace propenso a la erosión. Se recomienda mejorar el flujo en la corona y aumentar la vegetación. Nivel de intervención alto

Talud N°005: De vegetación moderada, posee cárcavas en su superficie. Se recomienda canalizar el flujo en la cima del talud e implementar una bajada para este. Nivel de intervención moderado

Talud N°006: Talud en buen estado, que posee un mínimo nivel de erosión, pero que aún no ha desarrollado vegetación en su superficie. Se recomienda no intervenir por el momento, pero sí mantenerlo monitoreado, para verificar que el proceso de vegetación ocurra. Nivel de intervención bajo.

Talud N°007: Único talud que presenta muro de contención. Presenta además un tipo de control de erosión, el cual consiste en una malla, que aísla el impacto de la lluvia de la superficie del terreno y contiene el material que se desprende. Se desestima que la malla cumpla alguna función en la disminución de la energía del flujo superficial, por lo que se espera que el proceso erosivo siga aumentando. Se recomienda no intervenir por el momento y determinar si las medidas implementadas son eficientes. Nivel de intervención bajo.

Talud N°008: Nivel de erosión moderada, presenta gran pérdida de suelo en su superficie. Se recomienda controlar la escorrentía y aumentar la vegetación. Nivel de intervención moderado.

Talud N°009: Talud recientemente intervenido. No presenta vegetación producto del perfilado, a su vez, tampoco presenta surquillos o cárcavas. Se recomienda monitorear para advertir su evolución. Nivel de intervención bajo.

Talud N°010: Talud de baja erosión y moderada vegetación, principalmente en buen estado. No presenta un riesgo directo, puesto que las viviendas están a cierta distancia de él. Se recomienda monitorear. Nivel de intervención bajo.

A continuación se presenta resumido en la figura N°11, los distintos niveles de intervención considerados para cada talud.

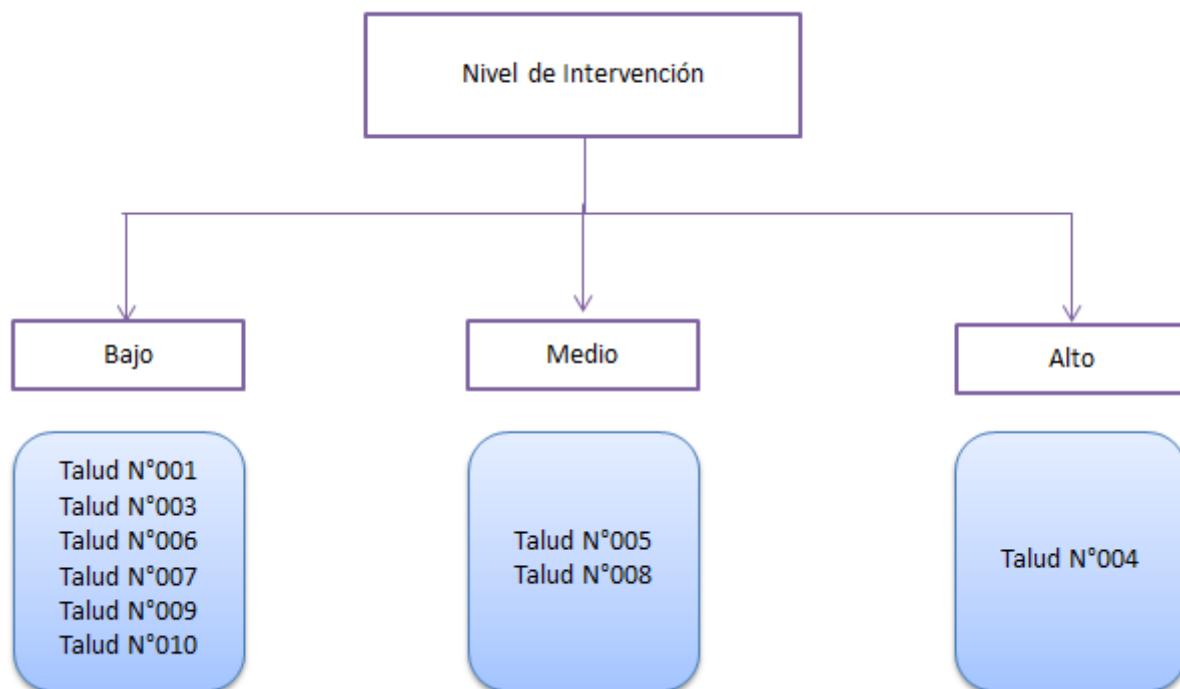


Figura 11. Esquema de intervención propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto de título cumple con la labor de levantar información a los taludes urbanos ubicados en la comuna de Chiguayante. Del análisis de la información catastrada, se puede concluir lo siguiente:

- La erosión se encuentra presente en el 90% de los taludes catastrados. El 10% restante no presenta signos de erosión, sólo por el hecho de ser un talud recientemente intervenido.
- El 30% de los taludes presenta sólo surquillos en su superficie.
- El 50% del total catastrado, posee surquillos y cárcavas en distinta magnitud.
- La presencia de cárcavas y no de surquillos sólo ocurre en un talud, siendo su causa, la ausencia de un mecanismo que permita transportar el flujo de agua por la superficie del talud, que en este caso, se concentra en una zona en particular.

Según los antecedentes encontrados sobre la comuna y los obtenidos como resultado de la aplicación del catastro, se confirma lo propensa que es la zona sur de Chiguayante a verse afectada por el fenómeno de erosión hídrica. Encontrándose ésta en una etapa intermedia o intermedia- avanzada en cuanto a pérdida de suelo en la superficie de los taludes se refiere.

Los Desprendimientos observados en la comuna, son de poco volumen de suelo, y su origen se debe principalmente a dos factores: La verticalidad del talud, en la que se supera la resistencia al corte del suelo; y mediante socavación, producto del agua que escurre por el talud, provocando el desprendimiento del material, debido al arrastre de las partículas que formaban parte de la masa de suelo resistente. De los datos obtenidos, se concluye lo siguiente:

- El 30% del total de taludes, no presenta desprendimientos.
- El 60% presenta desprendimientos leves, no afectando más allá del 25% de su superficie, siendo su origen principalmente la socavación.

En cuanto a la vegetación observada, el 50% de los taludes no presenta vegetación, o su vegetación está presente en menos del 25% de su superficie. El 30% presenta vegetación hasta un 50% de su superficie y tan sólo el 20% presenta vegetación alta, exhibiendo éstos últimos poca evidencia de erosión hídrica. Se comprueba entonces, la relación existente entre la pérdida de suelo y la cubierta vegetal, como medida de mitigación.

Sobre las obras anexas se puede afirmar lo siguiente:

- El 40% no presenta ningún tipo de obra complementaria.
- El 30% posee bajadas de agua, sufriendo 2 de ellas socavación.
- El 20% ha sido perfilado, más no complementado con alguna medida que controle la erosión.

Se identificaron varios taludes recientemente intervenidos, por lo que las medidas de corrección tomadas en estos casos, aún no permiten concluir categóricamente si son realmente efectivas.

Según los deterioros identificados, se asignaron distintos niveles de intervención para cada talud, dentro de las principales recomendaciones de mejoras, están la de implementar sistemas que transporten el agua a través de la cara del talud y la de vegetar su superficie, con lo que se reduciría la pérdida de suelo.

El uso de la ficha de catastro, permitió una toma de datos ágil y precisa, logrando una completa caracterización del estado de cada talud y sus obras complementarias.

CAPÍTULO 6: REFERENCIAS

- Copons, R. y Tallada, A. (2009). “Movimientos de ladera”. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (17.3). 284-294.
- Cuanalo, O. (2011). “Inestabilidad de laderas, influencia de la actividad humana”. *Revista Elementos, Ciencia y Cultura*.39.
- Grases, J. (1997). “Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos”. www.disasterinfo.net/watermitigation/e/publicaciones/EstudioVEN/cap3.PDF . Acceso el 14 de Noviembre de 2012.
- Hernández, D. (2011). “Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos”. Chile, Universidad del Bío-Bío.
- Igme. (1988). “Manual de Taludes”.
- Machuca, G. (2012). “Propuesta de instrumento de inspección visual, para taludes urbanos”. Chile, Universidad del Bío-Bío.
- Mardones, C. (2007). “Catastro a taludes viales de la provincia de Concepción”. Chile, Universidad del Bío-Bío.
- Rivera, B. (2010). “Plan de monitoreo y mantenimiento de taludes para la comuna de Chiguayante”. Chile, Universidad del Bío-Bío.
- SUAREZ, Jaime. (2009). “Deslizamientos: análisis geotécnico”. Colombia, Universidad Industrial de Santander. 588p.