

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ESTUDIOS DE CONTROL DE PROTECCIÓN DE FLUJOS DE LODO
EN LAS MICROCUENCAS DE QUIRIO Y PEDREGAL-CHOSICA**

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

**Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil**

SERGIO JUSTINO SILVA AVILA

LIMA-PERU

2001

SIGLAS Y ABREVIATURAS

SIGLAS

AACH	Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica
AID	Agencia para el Desarrollo Internacional
ATDR	Administración Técnica del Distrito de Riego
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CISMID	Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente
CONACS	Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos
DBMS	Data Base Management System
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DEM	Digital Elevation Model
DGAA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGAS	Dirección General de Aguas y Suelos
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
ESRI	Environmental System Research Institute
EDA	Enfermedades Diarreicas Agudas
EDEGEL	Empresa de Generación Eléctrica de Lima
FONCODES	Fondo de Compensación y Desarrollo Social
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ICM	Índice Climático de Meteorización
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGP	Instituto Geofísico del Perú
INFES	Instituto Nacional de Infraestructura Educativa
INADE	Instituto Nacional de Desarrollo
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
IMARPE	Instituto del Mar del Perú
IPEN	Instituto Peruano de Energía Nuclear
IRA	Infecciones Respiratorias Agudas
JICA	Japan International Cooperation Agency
MAG	Ministerio de Agricultura
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MITINCI	Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales
MTC	Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción
OEA	Organización de Estados Americanos
ONERN	Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
ONG	Organismo No Gubernamental
PAMA	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental
PREDES	Centro de Prevención de Desastres
PRONAMACHCS	Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos
PRONAA	Programa Nacional de Asistencia Alimentaria
SAIS	Sociedad Agrícola de Interés Social
SAS	Statistical Analysis System
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENAPA	Servicio Nacional de Agua Potable
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
SIG	Sistema de Información Geográfica

ABREVIATURAS

a.p	: Antes del Pleistoceno
bh-MT	: bosque húmedo-Montano Tropical
bs-MBT	: bosque seco-Montano bajo Tropical
C.H.	: Central Hidroeléctrica
cm	: centímetro
cm²	: centímetro cuadrado
cm³	: centímetro cúbico
D. Leg.	: Decreto Legislativo
D.L	: Decreto Ley
D.S	: Decreto Supremo
dd-S	: desierto desecado tropical
Dep.	: Depósitos
dp-PT	: desierto perárido-Premontano Tropical
Dpto.	: Departamento
ds-S	: desierto superárido-Subtropical
e-MT	: estepa-Montano Tropical
Ed	: Ecoregión Desertica
Eh	: Ecoregión húmeda
EIA	: Estudio de Impacto Ambiental
Es-h	: Ecoregión Superhúmeda
Es	: Ecoregión Seca
Form.	: Formación
g	: gramos
GWh	: Giga Watt-hora
ha	: Hectárea
kg	: kilogramo
km	: kilómetro
kwh	: Kilo Watt- hora
km²	: Kilómetro cuadrado
l	: litro
m	: metro
mm	: milímetro
m²	: metro cuadrado
m³	: metro cúbico
md-MBT	: matorral desértico-Montano Bajo Tropical
md-MT	: matorral desértico-Montano Tropical
md-PT	: matorral desértico-Premontano Tropical
msnm	: metros sobre el nivel del mar
mwh	: Mega Watt-hora
OD	: Oxígeno disuelto
PEA	: Población Económicamente Activa
PENA	: Población Económicamente No Activa
ppm	: partes por millón
Prov.	: Provincia

R.M.	: Resolución Ministerial
TCA	: Tasa de Crecimiento Anual
TM	: Tonelada Métrica
ton	: toneladas
tp-AT	: Tundra pluvial-Alpino Tropical
U.A.	: Unidad Agropecuaria
Vol.	: Volcánico

SUMARIO

Yo Sergio Justino Silva Avila egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería con Código 791248D, promoción 94-II Presento a consideración del jurado de la Comisión de Títulos y Grados de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería el siguiente Informe de Ingeniería llamado: ESTUDIO DE CONTROL DE PROTECCIÓN DE FLUJOS DE LODO EN LAS MICROCUENCAS DE QUIRIO Y PEDREGAL-CHOSICA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería.

El "PLAN DE MANEJO Y ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DEL PROGRAMA AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC" fue quizás uno de los primeros estudios en el país aplicados a una cuenca realizado con el apoyo de técnicas de última generación como la tele detección, imagen satelital, fotografías aéreas, sistemas de información geográfica, tecnología que además de novedosa y moderna resulto ser muy precisa, eficiente, y a la vez rentable en el desarrollo del estudio de la cuenca.

Estos elementos permitieron analizar la problemática de la Cuenca del Río Rímac y permitió plantear los diversos proyectos de recursos naturales y de ingeniería destinados a solucionar dicha problemática.

El informe de ingeniería que presento muestra el desarrollo del ESTUDIO DE CONTROL DE PROTECCIÓN DE FLUJOS DE LODO EN LAS MICROCUENCAS DE QUIRIO Y PEDREGAL que me correspondió desarrollar y que forma parte del "PLAN DE MANEJO Y ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DEL PROGRAMA AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC"

En una primera parte (capítulos I y II) se habla de los elementos como imagen satelital, fotografías aéreas , Sistema de Información Geográfica empleados en Plan de Manejo de la Cuenca del Río Rímac, también se presenta las diversas características de la Cuenca del Río Rímac que se obtienen de la elaboración de dicho estudio.

En la segunda parte (capítulos III, IV y V) se presenta la descripción y el desarrollo de los proyectos planteados para las Microcuencas de Quirio y el Pedregal , el soporte teórico en que se fundamenta las soluciones planteadas , el software empleado y su entrada de datos y resultados obtenidos.

Y finalmente, en la tercera parte (capítulo VI)se exponen las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llego en este estudio.

En el Capitulo I trato brevemente sobre el uso de las imágenes satelitales, las fotografías aéreas y la aplicación del Sistema de Información Geográfica en el estudio de la cuenca del Rio Rimac presentando una explicación de como funciona este sistema .

En el Capitulo II se hace un resumen de las características de la Cuenca del Río Rímac como la Ecología y Medio Biológico, Zonas de Vida, Suelos y Geología.

En el Capitulo III se desarrollan los Proyectos de Ingeniería de Control y Protección de Flujos de Lodo, haciendo una referencia a la ciudad de Chosica cuya área urbana se encuentra en la parte baja de las Microcuencas analizadas y se ve directamente amenazada por los huaycos. Luego paso a describir el proyecto desarrollado para la Microcuenca de Quirio, especificando las características de este proyecto que se trata de un sistema de presas pequeñas de Gaviones , de igual modo procedo para la Microcuenca de Pedregal.

En el capítulo IV se desarrolla el fundamento teórico y matemático del análisis de las presas de gravedad y el criterio de cálculo de las presas de gaviones que se emplearon en este proyecto y que sirven de fundamento al software empleado el GAWAC BR2.0

En el capítulo V se exponen los criterios de diseño, los cálculos de diseño, con la introducción de datos y los resultados del análisis obtenidos.

El capítulo VI se presenta las conclusiones a que se llega, que básicamente es el de presentar una solución basada en el principio de corrección de la pendiente, de la estabilidad de los taludes adyacentes, sin dejar de mencionar que en combinación con soluciones como la reforestación de las partes altas de la microcuencas, el sembrado de vegetación nativa que afiance el suelo darían solución al problema de peligro latente por huaycos que amenazan a estos pueblos. Las soluciones planteadas cumplen también un objetivo social ya que su aplicación daría empleo temporal a los pobladores de las zonas aledañas que son de escaso poder económico y cuya característica principal es el desempleo.

INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes

El Instituto Nacional de Desarrollo INADE, de acuerdo con el Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable ATN/JF-5298-PE, convocó en Febrero de 1997, el Concurso Público de Méritos Internacional N° 001-97-INADE-BID, invitando a las firmas consultoras y consorcios legalmente constituidos en los países miembros del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para prestar servicios de consultoría para la elaboración del “PLAN DE MANEJO Y ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DEL PROGRAMA AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC”; en el ámbito comprendido entre la captación de la planta de tratamiento de La Atarjea, hacia aguas arriba hasta las nacientes de sus tributarios conteniendo los siguientes principales componentes:

Manejo de recursos naturales.

Administración y control de la contaminación del agua.

Control y protección de inundaciones y flujos de lodo.

Desarrollo de la capacidad institucional para el manejo de la cuenca.

Resultando ganador de dicho concurso el consorcio ECSA ING.-LOUIS BERGER INTERNATIONAL-TROPICAL RESEARCH & DEVELOPMENT quienes se encargaron de realizar dicho estudio.

2. Importancia del estudio

El desarrollo de la cuenca del río Rímac , ha acentuado los problemas de contaminación de las aguas del río Rímac; así como, el peligro de afectación por huaycos e inundaciones sobre asentamientos humanos que han surgido en las cercanías de sus cauces en los últimos años. Esta situación se agrava por la ausencia de una autoridad debidamente implementada que administre la cuenca. Actualmente, existen numerosas instituciones públicas y privadas que tienen presencia en la zona realizando diversos trabajos, con limitada coordinación

entre ellas y que no obedecen a un plan integral de manejo.

La demanda de los recursos hídricos con fines de abastecimiento poblacional, industrial, riego y generación de energía eléctrica, presenta graves conflictos de interés durante el estiaje anual; la cual se agudiza por el deterioro de la calidad del agua, producto de la contaminación minera, industrial, doméstica y agrícola.

En los últimos años se ha asignado una alta prioridad a la atención de los problemas de contaminación, prevención de desastres naturales, de conservación y manejo de los recursos naturales, mediante la aprobación de leyes, normas y disposiciones pertinentes. Asimismo, ha tomado interés en los serios problemas ambientales que afectan la cuenca hidrográfica del río Rímac; para lo cual, ha suscrito con el BID un convenio de cooperación técnica orientado a la formulación del Plan de Manejo y Estudios de Factibilidad del Programa Ambiental, habiendo designado al INADE como organismo ejecutor.

Sobre la importancia del estudio, también se puede decir que toda la problemática de la cuenca con relación especialmente al manejo de los recursos naturales, contaminación, inundaciones, huaycos, etc., y una complicada situación ambiental debe conducir a una serie de estudios que determinen la realidad ambiental de la cuenca y que conduzcan a soluciones basadas en un Plan de Manejo y a la identificación de proyectos, que planteados en un marco de alternativas nos conduzcan a elaborar estudios de factibilidad, que se puedan realizar en un futuro cercano.

Como vemos se tratan de una serie de proyectos de todo tipo, llámense proyectos de recursos naturales, proyectos de ingeniería contra flujos de lodo, contra inundaciones, de aprovechamiento de recursos hídricos, de contaminación de minas abandonadas, todos ellos generados luego de un estudio metódico y con el apoyo de tecnología de última generación como el uso del sistema de información geográfica Arc View, la teledetección con el apoyo de la imagen satelital de la cuenca, fotografías aéreas, fotografías digitales etc. elementos que nos permitieron desarrollar todos estos proyectos en forma precisa y óptima como

es el requerimiento de este tipo de estudios actualmente, con un gran ahorro en el empleo de los recursos disponibles y en corto tiempo.

La naturaleza de este tipo de trabajo fue principalmente multidisciplinario y en equipo, con la participación de muchos profesionales de diferentes especialidades y de diferentes nacionalidades frecuentemente con puntos de vista diferentes que enriquecían el debate que se generaba en la elaboración de cada uno de los proyectos.

Mi participación en el estudio del Plan de Manejo y Estudios de Factibilidad del Programa Ambiental se refirió a la implementación de los proyectos de ingeniería contra flujos de lodo en las microcuencas prioritarias y de plantas de tratamiento de aguas servidas en los poblados de la cuenca alta del río Rímac, encargándome de los cálculos , diseños y la elaboración de los planos de ingeniería de dichos proyectos, de los que desarrollare el primero, específicamente referido a las microcuencas de Quirio y el Pedregal.

Este sistema de trabajo que use para desarrollar estos proyectos me parece de mucha utilidad en estos últimos tiempos especialmente por que permitiría el desarrollo de una serie de proyectos de este tipo en las microcuencas de nuestro país que son afectados por el fenómeno de flujos de lodo con la ventaja de hacerlos en corto tiempo posible, con la debida precisión como se requiere para estos casos y nos permitirían acceder al tan necesario crédito de los organismos financieros internacionales que muchas veces no nos llegan por la falta de estos proyectos.

INDICE GENERAL

SIGLAS Y ABREVIATURAS	Pág.
Siglas	1
Abreviaturas	2
SUMARIO.....	Pág.
	4
INTRODUCCION	Pág.
1 Antecedentes	7
2 Importancia del Estudio	7

CAPITULO 1

USO DE LAS IMAGENES SATELITALES, FOTOGRAFIAS AEREAS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) EN EL ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC

1.1 Sistematización de la Información	15
1.1.1 Requerimientos de información cartográfica	15
1.1.2 Recopilación de la información	15
1.2 Sistema de Información Geográfica (SIG)	17
1.2.1 Metodología del Sistema de Información Geográfica (SIG)	18
Digitalización de elementos cartográficos.....	19
ii Desarrollo del Mapa Base.....	20

CAPITULO 2

LA CUENCA DEL RIO RIMAC

Área de influencia del estudio.....	21
Características de la Cuenca del Río Rímac.....	21
2.1 Ecología y Medio Biológico.....	21
2.1.1 Clasificación ecológica de la Cuenca del Río Rímac.....	21
2.1.2 Zonas de vida de la Cuenca del Río Rímac.....	23

2.2	Suelos de la Cuenca del Río Rímac.....	23
2.2.1	Descripción y clasificación de los suelos en la Cuenca del Río Rímac	24
	Generalidades.....	24
	ii Definiciones.....	24
2.2.2	Unidades cartográficas de suelos en la Cuenca del Río Rímac.....	27
2.3	Geología de la Cuenca del Río Rímac.....	30
2.3.1	Características Geológicas Generales de la Cuenca del Río Rímac.....	30
2.3.2	Características litológicas.....	30
2.3.3	Características Geomorfológicas de la Cuenca.....	30
2.3.4	Parámetros Geomorfológicos	32
2.3.5	Principales Geoformas y procesos morfodinámicos actuales.....	32
2.4	Hidrología de la Cuenca del Río Rímac.....	33
2.4.1	Escorrentía.....	33
2.4.2	Precipitaciones medias.....	35
2.4.3	Precipitaciones máximas.....	38
2.5	Medio socio-económico de la Cuenca del Río Rímac.....	38
2.5.1	Aspectos sociopolíticos.....	39
2.5.2	Demografía.....	40
2.5.2.A	Población total y estructura por sexo.....	40
	Provincia de Huarochirí.....	41
	ii Provincia de Lima.....	43
2.5.2.B	Proyecciones de crecimiento poblacional.....	43
	Provincia de Huarochirí.....	43
	ii Provincia de Lima.....	44
2.5.3	Actividades económicas.....	45
2.5.3.A	Población económicamente activa.....	45
	Provincia de Lima.....	45
	ii Provincia de Huarochirí	45
2.5.3.B	Minería.....	46
2.5.3.C	Actividad Agropecuaria.....	49
	i Uso de la Tierra.....	49
2.5.3.D	Ganadería.....	50
	i Provincia de Huarochirí.....	50
	ii Provincia de Lima.....	50
2.5.3.E	Producción agrícola.....	51
2.5.4	Infraestructuras y servicios básicos.....	52
2.5.4.A	Vivienda.....	52
	Provincia de Huarochirí.....	52
	ii Provincia de Lima.....	52
2.5.4.B	Educación.....	53
	Provincia de Huarochirí.....	53
	ii Provincia de Lima.....	54
2.5.4.C	Salud.....	54
	Provincia de Huarochirí.....	55
	ii Provincia de Lima.....	55
2.5.4.D	Transporte y comunicaciones.....	57
	i Provincia de Lima.....	57
	ii Provincia de Huarochirí.....	57
2.5.4.E	Saneariamiento Básico.....	59

CAPITULO 3

PROYECTOS DE INGENIERIA DE CONTROL Y PROTECCIÓN DE FLUJOS DE LODO (huaycos)

Chosica	
Ubicación.....	61
Vías de acceso.....	61
3.1 H1 Proyecto: Control y Protección de Flujos de lodo (huaycos) en la Microcuenca Quirio.....	64
3.1.1 Ubicación del proyecto.....	64
3.1.2 Objetivo.....	64
3.1.3 Información básica.....	64
3.1.4 Justificación del proyecto.....	65
3.1.5 Descripción del proyecto de la Microcuenca de Quirio.....	65
3.2 H2 Proyecto: Control y Protección de Flujos de lodo (huaycos) en la Microcuenca Pedregal.....	67
3.2.1 Ubicación del proyecto.....	67
3.2.2 Objetivo.....	67
3.2.3 Información básica.....	67
3.2.4 Justificación del proyecto.....	68
3.2.5 Descripción del proyecto de la Microcuenca el Pedregal.....	68

CAPITULO 4

FUNDAMENTO TEORICO

4.1 Conceptos básicos.....	70
4.1.1 Principales tipos de presas.....	71
4.1.2 Represa de gravedad.....	71
4.1.3 Procedimiento de diseño de represas de gravedad.....	72
4.2 Criterios de calculo de presas de gaviones.....	73
4.3 Determinación del empuje.....	74
4.4 Calculo del empuje.....	75
4.5 Criterios de verificación de la estabilidad.....	78
4.5.1 Verificación de la seguridad al deslizamiento.....	79
4.5.2 Verificación de la seguridad al vuelco.....	79
4.5.3 Verificación de carga sobre el terreno.....	80

CAPITULO 5

DISEÑO

5.1 Criterios de diseño.....	81
5.1.1 Muros.....	81
5.1.2 Terraplén.....	82
5.2 Cálculos de diseño para pequeñas presas de mampostería de piedra de 5 metros de altura sin vía de circulación.....	83

5.2.1	Entrada de datos.....	83
5.2.2	Resultados.....	85
5.3	Cálculos de diseño para pequeñas presas de enrocado de 5 metros de altura sin vía de circulación.....	87
5.3.1	Entrada de datos.....	87
5.3.2	Resultados.....	88

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

Conclusiones y recomendaciones.....	90
-------------------------------------	----

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1	Relación de Mapas indicados en los términos de referencia.....	16
Cuadro 1-2	Información de cartas utilizadas.....	17
Cuadro 2-1	Pisos ecológicos y zonas de vida de la cuenca del Río Rímac.....	22
Cuadro 2-2	Rango de pendiente.....	26
Cuadro 2-3	Clasificación natural de los suelos de la cuenca del Río Rímac.....	28
Cuadro 2-4	Unidades cartográficas de la cuenca del Río Rímac.....	29
Cuadro 2-5	Columna estratigráfica esquemática de la cuenca del Río Rímac.....	31
Cuadro 2-6	Zonas de vida según estaciones.....	34
Cuadro 2-6A	Calculo de las Curvas Regionales de Crecidas.....	34
Cuadro 2-7	Ubicación de las estaciones en la Cuenca del Rímac.....	35
Cuadro 2-8	Precipitaciones totales mensuales de las estaciones pluviométricas de la cuenca del Río Rímac.....	36
Cuadro 2-9	Precipitaciones promedios mensuales completadas y homogenizadas según estaciones 1947-1995.....	37
Cuadro 2-10	Resumen estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas.....	38
Cuadro 2-11	Población por área urbana y rural según sexo en el ámbito de estudio.....	41
Cuadro 2-12	Población por área urbana y rural según sexo y distrito-Huarochiri.....	42
Cuadro 2-13	Población urbana y rural según sexo y distrito-provincia de Lima.....	43
Cuadro 2-14	Tasa de proyecciones de crecimiento poblacional-provincia de Huarochiri.....	44
Cuadro 2-15	Tasa de proyecciones de crecimiento poblacional-provincia de Lima.....	44
Cuadro 2-16	Población de 6 años y mas, por sexo y condición de actividad provincia de Lima.....	46
Cuadro 2-17	Población de 6 años y mas, por sexo y condición de actividad provincia de Huarochiri.....	48
Cuadro 2-18	Principales empresas que operan en la cuenca.....	49

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-1	Esquema del Sistema de Información Geográfica.....	19
Gráfico 4-1	Empuje sobre un paramento móvil.....	74
Gráfico 4-2	Elementos que intervienen en el análisis de estabilidad.....	78

INDICE DE PLANOS

Plano H1-1	Plano de presa de mampostería de piedra H=5m.....	66
Plano H1-2	Plano de presa de enrocado H=5m.....	66
Plano H1-3	Plano de perfil y ubicación de presas en Qda. Quirio.....	66
Plano H1-4	Plano de Planta, elevación y sección de presa principal en Qda. Quirio.....	66
Plano H1-5	Plano de Planta, elevación y sección de presa de control de erosión en Qda. Quirio.....	66
Plano H1-6	Plano de Planta general de presas en Qda. Quirio.....	66
Plano H2-1	Plano de presa de mampostería de piedra H=5m.....	69
Plano H2-2	Plano de presa de enrocado H=5m.....	69
Plano H2-3	Plano de perfil y ubicación de presas en Qda. Pedregal.....	69
Plano H2-4	Plano de Planta general de presas de control de erosión en Qda. Pedregal.....	69
Plano H2-5	Plano de Planta, elevación y sección de presa alta de control de erosión en Qda. Pedregal.....	69
Plano H2-6	Plano general de presas pequeñas y presas de control de erosión en Qda. Pedregal.....	69

MAPAS

Mapa 1:	Mapa Base Topográfico.....	21
Mapa 2:	Mapa Ecológico-Zonas de Vida.....	23
Mapa 3:	Mapa de Suelos.....	23
Mapa 4:	Mapa Geomorfológico y Morfodinámico.....	32
Mapa 5:	Mapa Hidrográfico.....	34
Mapa 6:	Mapa de División Política Administrativa.....	39

IMAGEN SATELITAL

Presentación de Imagen de satélite landsat TM.....	15
--	----

FOTOS AEREAS

Foto 1: Foto aérea de Chosica mostrando las Qdas. de Sta Maria (yanacoto) y de Quirio.....	62
Foto 2: Foto aérea de Chosica mostrando las Qdas. de Quirio y el Pedregal.....	63
Foto 3: Foto aérea de Chosica con superposición de planos de desastres del plan maestro para la cuenca del río Rímac del JICA.....	66

CAPITULO 1:

USO DE LAS IMAGENES SATELITALES, FOTOGRAFIAS AEREAS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) EN EL ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC

Para facilitar el almacenamiento de datos y la información cartográfica se ha utilizado un Sistema de Información Geográfica - SIG que permite procesar la información y la geo-referenciación para la consulta, análisis y producción de mapas en forma total, parcial o su combinación por capas.

La imagen satélite Landsat TM muestra el área de estudio y los accidentes del terreno.

1.1 SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION

1.1.1 Requerimientos de información cartográfica

De acuerdo a los objetivos del presente estudio, fue necesario definir los requerimientos o fuentes de información para obtener los productos indicados en los términos de referencia que se muestran en el Cuadro 1.1

1.1.2 Recopilación de la información

Una vez definidos los requerimientos de la información, el siguiente paso fue identificar la existencia de dicha información. Como se puede observar en el cuadro anterior, mucha de la información fue generada durante el estudio mediante interpretación y análisis, sin embargo existe otra información que fue recopilada de aquellas instituciones dedicadas a estos fines.

CUADRO 1.1
RELACION DE MAPAS INDICADOS EN LOS TERMINOS DE REFERENCIA

Nombre del Mapa	Escala	Fuente (s)
Topográfico (Mapa Base)	1:100,000	Carta Nacional - IGN - 1:100,000, 1:50,000 Actualización: fotografías aéreas y/o imagen de satélite
Orográfico (Relieve) y Pendientes	1:100,000	DEM - Mapa topográfico - Producto propio (PP)
Ecológico - Zonas de Vida	1:100,000	Carta Nacional - IGN - 1:100,000, 1:50,000 Interpretación de imagen de satélite (Teledetección)
Geomorfológico y Morfodinámico	1:100,000	Mapa Geomorfológico – Geodinámico - INGEMMET - 1:100,000 Actualización: Información de Campo
Suelos	1:100,000	Geomorfológico y Morfodinámico - (PP) Interpretación de imagen de satélite (Teledetección) Actualización: Información de Campo
Hidrográfico	1:100,000	Carta Nacional - IGN - 1:100,000, 1:50,000 Actualización: fotografías aéreas y/o imagen de satélite
Uso de la Tierra	1:100,000	Interpretación fotográfica (1991 – 1995) – Fotogrametría Interpretación de imagen de satélite (Teledetección) Actualización: Información de Campo
Capacidad de Uso Mayor de la Tierra	1:100,000	Mapa de Pendientes - (PP) Mapa de suelos - (PP) Mapa Ecológico - Zona de Vida - (PP)
Ecorregiones	1:100,000	Mapa Ecológico - Zona de Vida - (PP)
Recursos Forestales y Agrostología	1:100,000	Mapa Topográfico - (PP) Interpretación de imagen de satélite (Teledetección) Actualización: Información de Campo
División Política – Administrativa	1:100,000	Carta Nacional - IGN - 1:100,000 Información del INADE
Microcuencas y Subcuencas	1:100,000	Mapa Topográfico - (PP) Mapa de Pendientes - (PP) Información existente
Desarrollo Productivo	1:100,000	Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra - (PP) Mapa Geomorfológico y Morfodinámico - (PP) Mapa de Hidrografía - (PP)
Degradación Ambiental	1:100,000	Mapa Geomorfológico y Morfodinámico - (PP) Información de Contaminación y Deforestación
Vulnerabilidad del Territorio	1:100,000	Mapa Geomorfológico y Morfodinámico - (PP) Mapa de Pendientes - (PP) Mapa de Uso de la Tierra - (PP)
Valor Ecológico / Cultural y Socioeconómico	1:100,000	Mapa de Hidrografía - (PP) Información de sitios arqueológicos, con valor paisajístico y de tipo cultural
Zonificación Ambiental	1:100,000	Mapa de Uso actual de la tierra - (PP) Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra - (PP) Mapa Geomorfológico y Morfodinámico - (PP)

Fuente: *Elaboración propia*

La información cartográfica básica utilizada consistió en tres productos: la Carta Nacional a escala 1:100,000 elaborada por el Instituto Geográfico Nacional, una imagen del satélite Landsat TM y un juego de fotografías aéreas. En el Cuadro 1.2 se presenta una relación de aquellas cartas utilizadas para construir la base cartográfica del área de estudio:

**CUADRO 1.2
INFORMACION DE CARTAS UTILIZADAS**

Nombre	Escala	Levantad o	Fotos aéreas	Campo	Códig o
Canta	1:100,000	1967	1963	1966	23j
Chosica	1:100,000	1971	1961-2	1966-69, 1985	24j
Lurín	1:100,000	1971	1961	1969-86	25j
Matucana	1:100,000	1971	1962	1969	24k
Ondores	1:100,000	1967	1961-2	1965	23k

Fuente: Elaboración propia

1.2 Sistema de Información Geográfica (SIG)

De acuerdo a las necesidades de incorporar tecnologías que aumenten la productividad, apoyen la toma de decisiones, y faciliten el análisis, monitoreo y visualización gráfica (mapas, tablas y gráficas) de la información ingresada y procesada se implementó un Sistema de Información Geográfica (SIG) con las siguientes características de software:

- **ArcView 3.0.** Este software cumple con la función de sistema de consulta para todo tipo de usuarios (usuarios pasivos), así como sistema de administración y programación para los especialistas (usuarios activos). Esta herramienta presenta cualidades de sistema amigable (“user friendly”) y facilidad de creación y despliegue de mapas ligados a información estadística y tabular (gráficos, tablas, textos, fotografías, etc.). Además, ArcView presenta un lenguaje propio de programación (Avenue), que permite desarrollar funciones personalizada en botones de acceso inmediato.

- ArcView Spatial Analyst. Este módulo del ArcView complementará al SIG para la modelación y análisis espacial. Entre las funciones más destacadas de este módulo se encuentran: Integrar coberturas en formato raster (imágenes de satélite, "grids", etc.), al igual que el manejo usual de las coberturas en formato vectorial; Ubicación óptima de centros de atención de acuerdo a parámetros de áreas de influencia; modelación de terrenos (Modelos de elevación digital), análisis de pendientes e iluminación de laderas; análisis de escorrentía y simulación de estancamiento de agua, etc.

1.2.1 Metodología del Sistema de Información Geográfica (SIG)

El Sistema de Información Geográfica (SIG), se basa en una metodología integral de desarrollo cartográfico, construcción y organización de bases de datos, personalización y programación de operaciones complejas, análisis espacial, y representación gráfica (el esquema de información geográfica se muestra en el Gráfico 1.1). Esta metodología está contenida en cinco principios u operaciones básicas, las cuales son:

- i. Captura de datos espaciales mediante la digitalización¹ y/o scaneo de la cartografía disponible y captura de información temática mediante Sistemas de Manejo de Bases de Datos (DBMS, por sus siglas en inglés).
- ii. Procesamiento de la información y definición de entidades (topologías).
- iii. Construcción y administración de bases de datos que permitan el análisis y manipulación de datos espaciales, mediante la incorporación o relación de información tabular de otras fuentes (INADE, Fondo Contravalor Perú -

La digitalización es el proceso por el cual los elementos gráficos (puntos, líneas, polígonos, etc.) se convierten del formato gráfico - mapas - a un formato digital, legible por el sistema computarizado.

Francia, JICA, INEI, IGN, SEDAPAL, CEPIS, etc.).

iv. Análisis espacial y modelación cartográfica a través de rutinas específicas, tales como superposiciones (unión e intersección), mediciones de áreas y perímetros, cálculos de distancias, etc.

v. Impresión, despliegue y consulta de información espacial y/o tabular resultante del análisis.



i. Digitalización de elementos cartográficos

La digitalización de elementos cartográficos se refiere a la conversión de datos en formato analógico (mapas) a formato digital. Para este proceso se utilizó AutoCad r13 conectado a una digitalizadora Summagraphics Summagrid IV de 28*36 con 16 botones y una definición de 0.02". Esta operación se llevó a cabo solamente para las Cartas Nacionales de Matucana, Ondores y Canta, dado que las restantes Cartas Nacionales que abarca la cuenca (Chosica, Lurín y Lima), fueron adquiridas del Instituto Geográfico Nacional en formato digital.

Entre los principales elementos digitalizados tenemos:

- Límite de la cuenca del río Rímac
- La hidrografía comprendida dentro del área de estudio.
- Las curvas de nivel o topografía comprendidas dentro del área de estudio.
- Las poblaciones principales aledañas a la carretera.
- Caminos pavimentados o asfaltados, trochas, senderos, etc.

ii. Desarrollo del Mapa Base

La función inicial del SIG es generar un plano base digital a partir de la digitalización de la cartografía a escala 1:100,000 recopilada del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Debido a que generalmente la cartografía oficial no está actualizada, ésta se actualizará a partir de la interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite. Esto resultará muy útil para incorporar cambios recientes, por ejemplo inundaciones, nuevas vías de comunicación, proyectos de colonización, unidades de conservación y poblaciones, etc. Este plano base actualizado servirá como base cartográfica del SIG, homogeneizando las escalas de las diversas fuentes.

CAPITULO 2: LA CUENCA DEL RIO RIMAC

Area de Influencia del estudio

La cuenca del río Rímac tiene una superficie de 3,532 km², y el área de influencia del estudio está comprendido, desde la captación de la planta de tratamiento de La Atarjea hasta las nacientes del río (3,101 km²).

El Mapa Base Topográfico (Mapa 1), muestra claramente el área de estudio y los accidentes del terreno, lo cual nos da una clara idea de la topografía de la zona.

Características de la Cuenca del Río Rímac

La cuenca del río Rímac se encuentra localizada entre los paralelos 11° 25' y 12° 10', de latitud sur y los meridianos 76° 00' y 77° 00', de longitud oeste, la cuenca del río Rímac tiene una superficie de 3,532 km² y cubre gran parte de la costa central del departamento de Lima. Su nivel inferior limita con el Océano Pacífico, y su nivel superior con la divisoria de aguas entre la vertiente occidental y oriental de los Andes. Está constituida por una amplia red de drenaje, que a su vez da lugar a la formación de cuencas y microcuencas, que conforman la gran cuenca del Rímac. En su ámbito, se ubican poblaciones importantes como Vitarte, Chaclacayo, Chosica, Santa Eulalia, Surco, Matucana, San Mateo, Chicla y por supuesto Lima, la capital de la República, y en la subcuenca del río Santa Eulalia, se localizan las poblaciones de San Pedro de Casta, San Lorenzo de Huachupampa, San Juan de Iris, Laraos y Huanza.

2.1 Ecología y Medio Biológico

2.1.1 Clasificación ecológica de la Cuenca del Río Rímac

En la cuenca del río Rímac, que abarca una extensión superficial de 310,141 ha, se ha determinado la existencia de siete (07) Pisos Ecológicos

1. Basal
2. Premontano
3. Montano Bajo
4. Montano
5. Subalpino
6. Alpino
7. Nival

Los que se muestran mas detalladamente en el cuadro 2.1

**CUADRO 2.1
PISOS ECOLOGICOS Y ZONAS DE VIDA DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC**

Pisos Ecológicos	Zonas de Vida	Símbolo	Área	
			ha	%
Basal	desierto desecado-Subtropical	dd-S	14,681	4.73
	desierto superárido-Subtropical	ds-S	9,022	2.91
Premontano	desierto perárido- Premontano Tropical	dp-PT	14,921	4.81
	matorral desértico-Premontano Tropical	md-PT	31,538	10.17
Montano bajo	matorral desértico-Montano Bajo Tropical	md-MBT	20,027	6.46
	estepa espinosa-Montano Bajo Tropical	ee-MBT	10,426	3.36
	bosque seco-Montano Bajo Tropical	bs-MBT	11,148	3.59
Montano	matorral desértico-Montano Tropical	md-MT	4,423	1.43
	estepa-Montano Tropical	e-MT	20,441	6.59
	bosque húmedo-Montano Tropical	bh-MT	25,822	8.33
Subalpino	páramo muy húmedo-Subalpino Tropical	pmh-SaT	51,924	16.74
Alpino	tundra pluvial-Alpino Tropical	tp-AT	71,898	23.18
Nival	Nival-Tropical	NT	23,869	7.70
Total			310,141	100.00

2.1.2 Zonas de vida de la Cuenca del Río Rímac

Las Zonas de Vida determinadas en la Cuenca del Río Rímac son 13 (ver mapa 2), distribuidas en los pisos ecológicos antes mencionados;

1. desierto desecado - Subtropical (dd-S)
2. desierto superárido - Subtropical (ds-S)
3. desierto perárido - Premontano Tropical (dp-PT)
4. matorral desértico - Premontano Tropical (md-PT)
5. matorral desértico - Montano Bajo Tropical (md-MBT)
6. estepa espinosa - Montano Bajo Tropical (ee-MBT)
7. bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT)
8. matorral desértico - Montano Tropical (md-MT)
9. estepa - Montano Tropical (e-MT)
10. bosque húmedo - Montano Tropical (bh-MT)
11. páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh-SaT)
12. tundra pluvial - Alpino Tropical (tp-AT)
13. nival - Tropical (N-T).

2.2 Suelos de la Cuenca Del Río Rímac

Esta sección contiene el estudio de suelos de la cuenca del río Rímac, en el departamento de Lima.

Comprende la descripción morfológica, interpretación de las características físico-químicas y clasificación de los suelos. El aspecto práctico se clasifica según su máxima vocación de uso de acuerdo a criterios ecológicos.

La representación gráfica se ha realizado en el Mapa 3 (Mapa de Suelos), con sus respectivas leyendas.

2.2.1 Descripción y clasificación de los suelos en la Cuenca del Río Rímac

i. Generalidades

Los suelos como cuerpos naturales, tridimensionales, independientes y dinámicos, que ocupan un espacio en la superficie de la corteza terrestre, presentan características definidas como resultados de la acción conjunta de los factores y procesos de formación como el material parental, clima, topografía, organismos y tiempo. Son descritos sobre la base de su morfología, expresada por sus características físico-químicas y biológicas y, sobre la base de su génesis, manifestada por la presencia de horizontes de diagnóstico, superficiales y/o subsuperficiales. Superficies que tienen poco o nada de suelo son considerado como áreas misceláneas.

Los suelos identificados han sido clasificados y descritos taxonómicamente² al nivel categórico de "Gran grupo de suelos".

ii. Definiciones

• Unidad Cartográfica

Es el área delimitada y representada por un símbolo en el Mapa de Suelos. Esta unidad está definida y nominada en función de sus componentes dominantes, los cuales pueden ser suelos o áreas misceláneas o ambos. Pueden contener inclusiones de otros suelos, o áreas misceláneas con las cuales tienen estrecha vinculación geográfica.

En este trabajo las unidades cartográficas empleadas son las consociaciones y asociaciones de grupos de suelos y/o de áreas misceláneas.

– Consociación

² La taxonomía es la disciplina de la clasificación en historia natural

Es una unidad cartográfica que tiene un componente de forma dominante, el cual puede ser edáfico o áreas miscelánea. Cuando se trata de consociaciones en las que predominan suelos, las inclusiones que completan la unidad, ya sea que se trate de otro suelo o de áreas misceláneas, no deben representar más del 15% de la unidad. Cuando se trate de consociaciones en las que predominan áreas misceláneas, si están constituidas por suelos, éstas áreas no deben sobrepasar del 15% de la unidad y si están constituidas por otros grupos de áreas misceláneas, no deben sobrepasar del 25% de la unidad.

Asociación

Consiste en dos o más unidades taxonómicas y/o áreas misceláneas que se presentan geográficamente asociadas, cuyos componentes principales no pueden ser mapeados individualmente, debido al patrón intrincado en que se presentan y a la escala de trabajo. Las inclusiones diferentes a la asociación no deben de exceder del 15%.

Cada asociación es nominada con el nombre de sus componentes dominantes, anteponiendo el término "Asociación".

- **Unidad taxonómica**

Es el nivel de abstracción definido dentro de un sistema taxonómico. Está referida a cualquier categoría dentro de la "taxonomía de suelos", definiéndose como un conjunto de suelos que están agrupados al mismo nivel de abstracción o generalización; dicho sistema establece seis categorías, las cuales en orden decreciente y de acuerdo al incremento en sus características diferentes son: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

- **Gran grupo de suelos**

Es una unidad o categoría dentro del sistema "Taxonomía de Suelos" (soil taxonomy) que agrupa suelos que tienen similitud en la clase, disposición y grado de expresión de sus horizontes (epipedón y horizonte subsuperficiales de diagnóstico), contenido de bases y regímenes de temperaturas y humedad.

- **Fases de suelos**

Es una agrupación funcional creada para servir a propósitos específicos en el mapeo de suelos, que se establece sobre bases prácticas, con relación a ciertas características importantes que inciden en el uso y manejo del suelo, tales como: profundidad efectiva, pendiente, salinidad, posición fisiográfica, clima, antropogenia (andenes), etc. La fase puede ser definida para cualquier categoría taxonómica.

En este trabajo se ha considerado las siguientes fases: por pendiente, por terraceo y por clima.

- **Fase por pendiente**

Se refiere a la inclinación que presenta la superficie del suelo con respecto a la horizontal; está expresada en porcentaje, es decir la diferencia de altura en 100 metros horizontales, como se indica en el cuadro siguiente.

CUADRO 2.2
RANGO DE PENDIENTE

Término descriptivo	Rango (%)	Símbolo
Plana o casi a nivel	0 – 2	A
Ligeramente inclinada	2 – 4	B
Moderadamente inclinada	4 – 8	C
Fuertemente inclinada	8 – 15	D
Moderadamente empinada	15 – 25	E
Empinada	25 – 50	F
Muy empinada	50 – 75	G
Extremadamente empinada	+ 75	H

– Fase por terraceo

Se refiere a las modificaciones artificiales realizadas por el hombre al construir un sistema de terrazas (antiguas o modernas), en pendientes inclinadas a abruptas, que en forma original tiene limitaciones en cuanto al uso y manejo del suelo. Este sistema de terrazas tiene influencia sobre la capacidad de uso y la conducción de los cultivos, así como sobre el control de la humedad y la erosión.

– Fase por clima

En algunos lugares, la precipitación o la temperatura pueden variar significativamente dentro de cortas distancias, sin que ello refleje un cambio en las propiedades internas del suelo, pero que influyen en la aptitud de los mismos. En este trabajo, se ha establecido sólo una fase climática : Semifrío a frío (c)

• Áreas misceláneas

Son unidades no edáficas que comprenden superficies de tierra que pueden o no soportar algún tipo de vegetación, debido a los factores desfavorables que presentan. Por lo general, estas áreas no presentan interés o vocación para fines agropecuarios o forestales. En algunos casos pueden ser convertidas en productivas, después de realizar intensas labores de rehabilitación.

2.2.2 Unidades cartográficas de suelos en la Cuenca del Río Rímac

En esta sección se identifica y describe las unidades cartográficas delimitadas en el Mapa de Suelos, así como las unidades taxonómicas que las conforman.

Las unidades cartográficas están constituidas por 8 Consociaciones y 16 Asociaciones, para cada una de las cuales se especifica el área y porcentaje aproximado, su distribución geográfica y las inclusiones que pueden contener; además se establece la proporción en que intervienen los componentes respectivos.

Las unidades taxonómicas han sido clasificadas y descritas a nivel de Gran Grupo de Suelos, que por razones de orden práctico que haga posible su fácil identificación, se ha convenido en denominar con un nombre local, detallando sus rasgos diferenciales, tanto físico-morfológicos como químicos, indicándose además sus fases, ya sea por pendiente o terraceo.

En el Cuadro 2.3: se presenta los grandes grupos de suelos, determinados dentro del sistema del Soil Taxonomy y su respectiva correlación con los grupos de FAO; en el Cuadro 2.4, se muestra la superficie y porcentaje de cada unidad cartográfica identificada en el estudio.

**CUADRO 2.3
CLASIFICACION NATURAL DE LOS SUELOS DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC**

Soil taxonomy - 1994 (Taxonomía de los suelos)			FAO - 1994	Suelos
Orden	Sub orden	Gran grupo		
ENTISOLS	Fluents	Torrifluents	Fluvisol	Rímac
		Ustifluents		San Mateo
	Orthents	Torriorthents	Regosol	Río Seco
		Ustorhents		Viso
		Criorthents		Campamento
INCEPTISOLS	Ocrepts	Ustocrept	Cambisol	Matucana
ARIDISOLS	Orthids	Camborthids	Xerosol	Paye
MOLLISOLS	Ustolls	Haplustolls	Phaeozem	Anden
HISTOSOLS	Fibrists	Criofibrists	Histosol	Bofedal
ANDOSOLS	Torrands	Vitratorrands	Andosol	Casapalca
	Ustands	Haplustands		Casita

CUADRO 2.4
UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC

Unidades Cartográficas	Símbol	Proporción (%)	Fases			Superficie		
			Pend.	Terraceo	Clima	ha	%	
Consociaciones:								
Anden	An	100	D	(a)		1.284	0.41	
			F			3.638	1.17	
			F			428	0.14	
San Mateo	Sm		B			540	0.17	
			C			285	0.09	
			D			157	0.05	
Rímac	Rm		A			3.326	1.07	
			B			1.995	0.64	
			D			222	0.07	
Río Seco	Rs		C			2.902	0.94	
Viso	Vi		D			2.678	0.86	
			E			279	0.09	
Misceláneo Roca	R		F			202	0.07	
			F			3.179	1.03	
			F			22.253	7.18	
		G	131.924	42.54				
Misceláneo Cárcavas	Cv	H	1.589	0.51				
		F	3.797	1.22				
		G	7.710	2.49				
Misceláneo Nival	N	G	1.774	0.57				
Asociaciones:								
Pastizal-Bofedal	Ps- Bo	60-40	C			2.375	0.77	
			D			C*	2.436	0.79
			G				1.279	0.41
Misceláneo Roca-Casapalca	R- Cp		C			400	0.13	
			E			6.600	2.13	
			F			3.000	0.97	
Misceláneo Roca-Pastizal	R- Ps		B			2.199	0.71	
			C			C*	2.858	0.92
			D				1.759	0.57
			F			3.078	0.99	
			F			12.092	3.90	
Pastizal -Campamento	Ps- Cm		C			447	0.14	
Misceláneo Roca-Campamento	R- cm		E			2.174	0.70	
			F			2.552	0.82	
Anden- Matucana	An- Ma		80-20			D	282	0.09
		E	3.753	1.21				
Casita- Misceláneo- Roca	Cs- R	60-40	F	535	0.17			
			F	2.397	0.77			
			F	9.719	3.13			
			G	1.198	0.39			
			G	5.719	1.84			
Misceláneo Roca - Cárcava	R-Cv	F	276	0.09				
Casita- Anden	Cs- An	80-20	F	581	0.19			
Casita- Viso	Cs-Vi		F	1.287	0.41			
Misceláneo Roca- Matucana	R- Ma	F	3.663	1.18				
		F	9.114	2.94				
Anden Viso	An- Vi	60-40	E	2.723	0.88			
			F	891	0.29			
Misceláneo Roca- Paye	R- Pa	D	2.450	0.79				
		F	6.015	1.94				
		F	12.920	4.17				
		G	3.473	1.12				
Matucana- Anden	Ma- An	50-50	F	357	0.12			
Matucana Misceláneo Roca	Ma - R		D	1.196	0.39			
			F	8.181	2.64			
Urbano					8.181	2.64		
Total						310.141	100.00	

Fuente: Elaboración propia

Donde: C*= Fase por Clima , (a) = Fase por Terraceo

2.3 Geología de la Cuenca del Río Rímac

2.3.1 Características Geológicas Generales de la Cuenca del Río Rímac

Geológicamente la cuenca esta constituida por sedimentos marinos y continentales. Estos fueron modificados, en primer lugar, por efecto del emplazamiento del batolito de la costa, y en segundo lugar, por procesos orogénicos y epirogenicos que generaron fuerzas tectónicas, dando como resultados el levantamiento de los andes y la existencia de grandes estructuras geológicas como, fallas, pliegues y sobre escurrimientos. Las cadenas de montañas resultantes fueron fuertemente erosionadas antes que se depositaran las llamadas “capas rojas” (formación Casapalca), los conglomerados terciarios, las lavas y piroclastos terciario cuaternarios, cuyas superficies niveladas fueron fuertemente deformadas, originando un segundo sistema de montañas que forman parte del paisaje actual. Cronológicamente, en lo que actualmente es la cuenca del río Rímac, la secuencia estratigráfica indica que las rocas mas antiguas corresponden al jurasico superior (ver Cuadro 2.4), representadas por la formación Arahua que aflora en la parte central de la cuenca.

2.3.2 Características litológicas

En la cuenca afloran rocas de diferente composición cuyas edades varían desde el jurasico hasta el cuaternario reciente, clasificándose como sedimentarias, intrusivas volcánicas y metamórficas, sobresaliendo por su extensión las volcánicas e intrusivas en el cuadro 2.5 se muestra en forma general la secuencia estratigráfica de la cuenca.

2.3.3 Características geomorfológicas de la cuenca

Sobre el área de la cuenca, la zona de recepción desarrolla una superficie de 1476.91 Km², la zona húmeda de 678.37 Km² y la zona árida y semiárida de 946.13 Km². El perímetro total es de 440.6 Km, su longitud es de 145 Km, desde

CUADRO 2.5

COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC

Era	Sistema	Serie	Unidad estratigráfica	Litología	Descripción
C E N O Z O I C O	Cuaternario	Reciente	Depósitos Coluviales		Gravas y bloques subangulosos en matriz fina como material de escombros.
			Depósitos Aluviales		Gravas, arenas y cantos formando terrazas inestables.
		Pleistoceno	Depósitos Aluviales antiguos		Gravas, arenas y cantos, formando terrazas estables.
			Depósitos Glaciares		Morrenas antiguas y recientes de diferente composición.
			Depósitos Fluvioglaciares		Materiales sueltos acarreados por los hielos en las altas vertientes.
	Terciario	Superior	Volc. Pacococha		Derrames andesíticos y basaltos con fluídos y brechas.
			Volc. Huarochiri		Tobas riolíticas con areniscas y limolitas.
			Volc. Millotingo		Derrames andesíticos con areniscas y limolitas.
		Medio	Form. Bellavista y Río Blanco		Calizas margosas con lutitas y limolitas.
			Form. Carlos Francisco		Tobas y andesitas intemperizadas con areniscas y limolitas.
Inferior	Grupo Rímac	Andesitas con brechas y tobas, areniscas y limolitas			
	Volc. Colqui	Derrames andesíticos con algo de areniscas y limolitas.			
M E S O Z O I C O	Cretáceo	Superior	Form. Casapalca	Conglomerados y cuarcitas, con gravas y areniscas algo calcáreas	
			Form. Jumasha	Calizas y margas.	
		Medio	Volc. Quilmaná	Derrames andesíticos con lavas y piroclásticos.	
			Grupo Casma	Andesitas, dacitas y lavas con	
		Inferior	Form. Chulec	Calizas y margas.	
			Form. Santa Carhuaz	Calizas y lutitas con areniscas.	
			Form. Chimú	Areniscas cuarzosas	
			Form. Pariatambo	Calizas y margas.	
			Form. Atocongo	Calizas silicificadas	
		Jurásico	Superior	Form. Arahuy	Lavas andesíticas con lodolitas y margas.
				Volcánico sedimentario con andesitas, areniscas, limolitas y calizas.	

Fuente: INGEMMET

sus orígenes a 5,500 msnm, hasta su desembocadura a 0 msnm en el Océano Pacífico. Limita al norte con la cuenca del río Chillón, al sur con la de Lurin y al este con la divisoria continental de aguas. Esta ubicada entre los paralelos 11°26'15" y 12°10'30", en su cuenca drenan 918 afluentes que hacen una longitud total de 2,140 Km. Esta formada por dos subcuencas importantes, la de San Mateo (Rímac alto), con 1276 Km² de superficie, y la de Santa Eulalia, con 1,094 Km².

2.3.4 Parámetros geomorfológicos

Los parámetros geomorfológicos encontrados son los siguientes: Compacidad (2.12); Factor de forma (0.161); densidad de drenaje 0,630 km/km²; Coeficiente de torrencialidad (0.12 rios/km²). El análisis de estos, muestran que la cuenca es un área propicia para el desarrollo de una erosión incisiva (de fondo y lateral) en las partes medias y altas de la cuenca y para la erosión de las riberas en la parte baja de la misma.

2.3.5 Principales Geoformas y procesos morfodinámicos actuales

El desarrollo de los procesos geomorfológicos de la cuenca está estrechamente vinculado a los cambios climáticos ocurridos en los últimos miles de años. Las principales Geoformas existentes son las del valle aluvial, laderas de montaña, mesetas, depósitos fluvio glaciares y glaciares y conos de deyección. En forma similar los procesos geomorfodinámicos activos registrados son los siguientes: Huaycos, escorrentía laminar, movimientos en masa (solifluxión y reptación), derrumbes, inundaciones, etc.

En el Mapa 4 Geomorfológico y morfodinámico se pueden apreciar las diversas unidades comprendidas dentro de la cuenca del río Rímac.

2.4 Hidrología de la Cuenca del Río Rímac

La presente sección tiene por objeto caracterizar la cuenca en todos los aspectos relacionados con la disponibilidad del recurso agua, su medición y demanda.

Para ello se han llevado a cabo una serie de análisis que pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- Escorrentía
- Precipitaciones medias
- Precipitaciones máximas
- Crecidas
- Balance hídrico
- Aguas subterráneas
- Demanda de agua
- Sedimentos

De los que mostrare los tres primeros por ser de interés para el desarrollo de los proyectos de ingeniería de protección de flujos de lodo.

2.4.1 escorrentía

Se uso un método de tipo indirecto, basado en la definición de áreas homogéneas para las cuales se determina el escurrimiento medio anual desde el punto de vista de la altura o lamina de agua. Para la definición de esas áreas se utilizo el mapa ecológico del Perú que determina las zonas de vida naturalmente existentes en el área de estudio. Los valores obtenidos deben ajustarse utilizando un coeficiente de escurrimiento real que tiene en cuenta la información hidrométrica disponible en el ámbito regional, según el estudio de la ONERN; dicho coeficiente, denominado Factor de Corrección Regional, varia por la ubicación de las estaciones, por lo que se ha adoptado un valor igual a 0.95 para la cuenca del río Rímac. Las estaciones utilizadas para la caracterización de las

diferentes Zonas de Vida y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.6

La ubicación de las diferentes estaciones meteorológicas e hidrológicas se pueden ver en el Mapa 5 llamado Mapa hidrográfico.

**CUADRO 2.6
ZONAS DE VIDA SEGUN ESTACIONES**

Zona de vida	Estación	Precipitación (mm)	Escorrentía	
			(mm)	Coficiente
desierto desecado-Subtropical	Ñaña	4	1	0.25
desierto perárido-Premontano tropical	Santa. Eulalia	54	31	0.57
estepa espinosa-Montano Bajo tropical	Matucana	266	118	0.44
bosque húmedo-Montano Tropical	San José de Parac	501	268	0.53
páramo muy húmedo-Subalpino Tropical	Milloc	816	518	0.63
tundra pluvial-Alpino Tropical	Laguna Pirhua	728	435	0.60

Fuente: SENAMHI

basado en el "Final Report for the Master Plan Study on the Disaster Prevention Project in the Rímac River Basin" realizado en 1988 por la Agencia Internacional de Cooperación del Japón, los caudales máximos de avenidas en subcuencas del río Rímac fueron determinados por la aplicación del Hidrograma Sintético de Nakayasu que ha sido utilizado con éxito en otros países para la simulación de hidrogramas de crecidas, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.6.A.

**CUADRO 2.6A
CALCULO DE LAS CURVAS REGIONALES DE CRECIDAS
(Caudales en la cuenca/subcuencas tributarias)**

Nombre	Area (km ²)	Caudales en m ³ /s					
		Periodo de retorno en años					
		2	5	10	20	50	100
Q. Carosio	0.4	2	3	4	5	7	8
Q. Corrales	1.4	4	7	9	11	15	18
Q. Quirio	10.4	18	28	38	48	64	75
Q. Pedregal	10.6	18	28	38	47	62	73
Q. Paihua	14.9	40	56	69	82	99	114
Q. Cashahuacra	15.1	26	39	53	65	86	100
Q. Río Seco	49.3	71	101	127	153	191	220
R. Rímac en Chosica	2,250.0	204	290	380	470	580	660

Fuente: Estudio JICA

2.4.2 Precipitaciones medias

La preparación del Gráfico de Isoyetas de la cuenca ha sido realizada a partir de los datos de las estaciones climáticas con registro confiable, incluidos en el “Diagnóstico Preliminar para el Manejo de Integral de la cuenca del río Rímac” realizado por el Fondo Contravalor Perú-Francia.

En el Cuadro 2.7, se muestra la ubicación de las estaciones pluviométricas y en el Cuadro 2.8 se presentan las precipitaciones totales mensuales de cada una de las estaciones.

El Cuadro 2.9 muestra las precipitaciones promedios mensuales completadas y homogenizadas según estaciones.

CUADRO 2.7
UBICACION DE LAS ESTACIONES EN LA
CUENCA DEL RIMAC

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Elevación (msnm)
Von Humboldt	12° 05' S	76° 57' W	238
Aeropuerto Internacional	12° 00' S	77° 07' W	13
Naña	11° 59' S	76° 50' W	460
Sta. Eulalia	11° 54' S	76° 40' W	1,030
Santiago de Tuna	11° 59' S	76° 31' W	2,921
Matucana	11° 50' S	76° 23' W	2,378
Carampoma	11° 40' S	76° 32' W	3,250
San José de Parac	11° 48' S	76° 15' W	3,800
Milloc	11° 34' S	76° 22' W	4,350
Laguna Pirhua	11° 42' S	76° 21' W	4,750
Bellavista	11° 42' S	76° 17' W	3,800
San Cristobal	11° 46' S	76° 08' W	4,600
Casapalca	11° 39' S	76° 14' W	4,150

Fuente: SENAMHI, EDEGEL y SEDAPAL

CUADRO 2.8
PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
DE LA CUENCA DEL RIO RIMAC
 (mm)

Estación	Altitud (msnm)	Período de medición	Meses												Anual
			Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Aeropuerto Internacional	13	1989-94	0.00	0.10	0.20	0.00	1.40	1.20	1.50	1.60	2.20	1.20	0.30	0.50	9.20
Von Humboldt	238	1974-96	0.70	0.80	0.50	0.70	1.20	2.00	1.40	1.80	1.40	0.80	0.90	0.40	12.60
Naña	460	1989-95	0.80	1.10	0.70	-	-	1.00	0.50	-	-	-	-	0.00	1.20
Santa Eulalia	1,030	1963-95	13.10	12.90	25.00	0.40	0.30	0.00	0.00	0.10	0.60	1.10	0.40	3.00	55.13
Matucana	2,378	1974-96	53.30	65.50	71.40	17.10	2.10	0.10	0.00	0.40	2.60	8.40	11.10	35.40	264.30
Santiago de Tuna	2,921	1989-95	61.70	84.50	94.10	12.20	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	13.30	37.80	307.20
Carpoma	3,250	1965-91	78.50	89.90	85.80	24.00	2.40	0.40	1.30	2.50	7.80	15.70	15.70	41.30	363.20
San José de Parac	3,800	1965-95	89.90	93.60	109.10	40.10	10.00	4.30	0.60	1.90	12.70	40.60	41.50	60.40	504.80
Milloc	4,350	1967-92	127.60	139.70	134.90	63.40	22.80	11.70	11.10	16.80	37.10	69.90	73.80	106.80	815.50
Laguna Pirhua	4,750	1969-80	106.0	118.60	141.50	65.00	24.50	8.70	19.00	15.00	38.70	56.70	46.30	88.50	721.80
Bellavista	3,800	1945-74	112.40	129.90	142.60	31.40	0.00	0.30	0.20	5.40	19.40	59.70	104.80	162.90	769.00
San Cristobal	4,600	1952-92	133.40	146.40	149.30	75.90	26.70	12.70	8.70	16.20	40.90	67.30	84.50	106.70	816.40
Casapalca	4,150	1947-95	112.00	130.00	120.00	52.00	20.00	10.00	8.00	12.00	40.00	53.00	60.00	89.00	708.00

Fuente: SENAMHI, EDEGEL y SEDAPAL

**CUADRO 2.9
PRECIPITACIONES PROMEDIOS MENSUALES COMPLETADAS Y HOMOGENIZADAS SEGUN ESTACIONES 1947-1995
(mm)**

Estación	Meses												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Matucana	65	77	76	19	4	0	0	0	5	12	17	4	317
Carpoma	99	107	96	29	5	0	1	3	11	24	25	54	455
Bellavista	100	116	113	41	12	3	2	4	17	34	47	74	563
San José de Parac	115	139	128	47	16	6	2	4	21	44	53	88	663
Milloc	130	150	137	68	30	10	9	14	41	84	75	102	849
Casalpa	112	130	120	52	22	10	8	12	40	112	60	89	768
San Cristobal	138	148	153	75	33	13	8	0	41	83	85	106	883

Fuente: EDEGEL

2.4.3 Precipitaciones máximas

Para la zonificación de las precipitaciones máximas se ha recopilado de diversas fuentes y obtenido la información más actualizada del SENAMHI para precipitaciones máximas diarias. En el Cuadro 2.10 se resumen los resultados en materia de precipitaciones máximas que han permitido la elaboración de las isoyetas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años.

CUADRO 2.10
RESUMEN ESTADISTICO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS

Estación	Altura (msnm)	Período de retorno (años)					
		2	5	10	25	50	100
Von Humboldt	238	1.1	1.8	2.3	3.0	3.5	4.0
Ñaña	460	0.9	2.1	3.3	5.3	7.2	9.5
Santa Eulalia	1,030	9.0	17.2	22.6	29.5	34.6	39.7
Matucana	2,378	16.4	22.8	27.0	32.5	36.5	40.6
Carampoma	3,250	22.0	27.2	30.4	34.3	37.1	39.7
San José de Parac	3,800	21.7	28.0	32.0	36.9	40.4	43.9
Milloc	4,350	16.7	23.2	27.3	32.2	35.6	39.0

Fuente: Estudio JICA

2.5 Medio socio-económico de la Cuenca del Río Rímac

El conocimiento de la realidad social y económica del área de influencia del estudio, es necesario para la elaboración de este trabajo, así como para asegurar su viabilidad y sostenibilidad. Por ello es necesario conocer las características de las principales actividades económicas que afectan al medio ambiente de la cuenca, como son la minería y la agricultura, que nos va a permitir conocer las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca del río Rímac.

Respecto a los indicadores de salud, educación y vivienda, estos son esenciales para comprender la realidad en la que se desarrollan las actividades económicas, lo que permitirá tener un mayor conocimiento de los problemas sociales ocasionados por el desarrollo de estas actividades.

En tal sentido, el presente capítulo refleja el estado actual de las principales variables socio económicas de la Cuenca del río Rímac, con la finalidad de obtener un marco socio económico adecuado para el desarrollo y la ejecución de los proyectos de ingeniería contra flujos de lodos, que coadyuven a solucionar esta problema.

2.5.1 Aspectos sociopolíticos

La cuenca del río Rímac se encuentra en la jurisdicción del departamento de Lima, específicamente entre las provincias de Huarochirí y Lima. El río Rímac es de vital importancia para la población de la ciudad Lima, (de más de 6 millones de habitantes), ya que abastece de agua a un importante sector de esta ciudad.

La Carretera Central, vía de acceso de vital importancia para la ciudad de Lima, transcurre a lo largo del río Rímac, desde su nacimiento. Esta vía es utilizada para transportar la mayoría de los alimentos que se consumen en Lima y también para conectar a los departamentos de Huanuco, Pasco y Junín con el resto del país. La línea férrea Lima-Huancayo, que pasa por Ticlio, también se desarrolla paralelo al río Rímac, convirtiéndose en uno de los principales medios de transporte de minerales en el país.

El Mapa 6 de División Político – Administrativo, presenta la delimitación territorial por distritos, el cual se relaciona con los datos de población de la cuenca.

2.5.2 Demografía

El análisis de la población en cuanto a su estructura, composición y dinámica nos va a permitir conocer el estado actual del componente social, que se encuentra inmerso en la problemática ambiental de la Cuenca, para de esta forma definir estrategias y políticas apropiadas a su realidad. En tal sentido, será necesario conocer la composición rural y urbana de sus habitantes, el grado de educación, los niveles de pobreza existentes, la población económicamente activa, tipos de actividad, entre otras. Para tal efecto el área de estudio se ha dividido en dos zonas, los distritos de la provincia de Huarochirí y los distritos de la provincia de Lima comprendidos en el área de estudio.

Para el presente estudio, se analizaron 17 distritos ubicados en la provincia de Huarochirí: Chicla, Matucana, Ricardo Palma, San Bartolomé, San Mateo, San Mateo de Otao, Santa Cruz de Cocachacra, Surco, Callahuanca, Carampoma, Huachupampa, Huanza, Laraos, San Juan de Iris, San Pedro de Casta, Santa Eulalia y San Antonio, los cuales están ubicados en la cuenca del río Rímac. Se define entonces, para fines del estudio, como provincia de Huarochirí, a los 17 distritos arriba mencionados, y provincia de Lima, a los distritos de Lurigancho, Chaclacayo y Vitarte.

Otra de las razones por las cuales se analizan separadamente parte de los distritos de estas dos provincias, son las características urbanas de la población de Lima (Lurigancho, Chaclacayo y Vitarte), que prácticamente forman parte del casco urbano de Lima Metropolitana.

A Población total y estructura por sexo

El Cuadro 2.11 establece una comparación entre las poblaciones de la provincia de Huarochirí y Lima, las cuales se analizarán separadamente. En lo que respecta al ámbito de residencia (área urbana y rural), resalta la mínima existencia de población rural en la provincia de Lima, mientras que en la

provincia de Huarochirí todavía se mantiene un número considerable de pobladores en el medio rural.

En lo que respecta a la estructura de la población por sexo, no existen grandes diferencias entre las dos provincias, ya que en ambas, la población femenina y masculina se distribuye equitativamente. En este cuadro también se puede apreciar que la población de la provincia de Lima es tres veces mayor que la población de la provincia de Huarochirí, debido a su mayor densidad urbana.

CUADRO 2.11
POBLACIÓN (EN HABITANTES) POR AREA URBANA Y RURAL SEGÚN SEXO EN EL
AMBITO DE ESTUDIO

Provincia	Población total	Población urbana	Población rural	Hombre	Mujer
Huarochirí	42,223	28,700	13,523	21,683	20,540
Lima	402,632	402,052	580	199,177	203,455
Total	444,855	430,752	14,103	220,860	223,995

Fuente: Resultados de IX Censo Nacional de Población 1993. Instituto Nacional de Estadística e Informática –INEI

i. Provincia de Huarochirí

Según el Cuadro 2.12, la población total del área de influencia de la provincia de Huarochirí es de 42,223 habitantes, de los cuales 21,683 (51.35%) pertenecen al sexo masculino y 20,540 (48.65%) al femenino. Entre los distritos de mayor representatividad demográfica se encuentran: Santa Eulalia (6,747), perteneciente a la subcuenca del mismo nombre, Chicla (6,091), Matucana (5,700), San Mateo (5,084) y Ricardo Palma (4,555).

CUADRO 2.12
POBLACIÓN (EN HABITANTES) POR AREA URBANA Y RURAL, SEGÚN
SEXO Y DISTRITO -HUAROCHIRI

Distrito	Población total			Urbana			Rural		
	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M
Chicla	6,091	3,111	2,980	5,810	2,977	2,833	281	134	147
Matucana	5,700	2,939	2,761	3,938	1,999	1,939	1,762	940	822
Ricardo Palma	4,555	2,260	2,295	4,221	2,092	2,129	334	168	166
San Bartolomé	1,013	543	470	606	332	274	407	211	196
San Mateo	5,084	2,629	2,455	3,395	1,691	1,704	1,689	938	751
Santa Cruz de Cocachacra	2,111	1,098	1,013	528	266	262	1,583	832	751
San Mateo de Otao	2,062	1,123	939	86	52	34	1,976	1,071	905
Surco	1,756	920	836	1,050	539	511	706	381	325
Callahuanca	779	432	347	466	265	201	313	167	146
Carampoma	458	207	251	393	173	220	65	34	31
Huachupampa	455	233	222	289	150	139	166	83	83
Huanza	820	423	397	582	306	276	238	117	121
Laraos	337	157	180	271	127	144	66	30	36
San Juan de Iris	309	168	141	293	159	134	16	9	7
San Pedro de Casta	1,184	606	578	938	488	450	246	118	128
Santa Eulalia	6,747	3,420	3,327	5,584	2,813	2,771	1,163	607	556
San Antonio	2,762	1,414	1,348	250	120	130	2,512	1,294	1,218
Total	42,223	21,683	20,540	28,700	14,549	14,151	13,523	7,134	4,652

Fuente: Resultados del IX Censo de Población 1993. Instituto Nacional de Estadística e Informática –INEI

De los 17 distritos que conforman el área de influencia de la provincia de Huarochirí, 13 de ellos cuentan con la mayor parte de la población viviendo en el ámbito urbano (67.97% de la población).

A pesar de esta situación, todavía existen distritos en donde la población es eminentemente rural, tal es el caso de San Mateo de Otao (95.83% rural), y Santa Cruz de Cocachacra (74.99%), en la subcuenca alta del río Rímac, y San Antonio (90.95%) en la subcuenca de Jicamarca.

ii. Provincia de Lima

Está conformada por los distritos de Lurigancho (Chosica), Chaclacayo y Ate. Lurigancho tiene una población de 100,240 habitantes, Chaclacayo cuenta con 35,994 habitantes y Ate tiene 266,398 habitantes, sumando un total de 402,632 habitantes donde el 49.47% pertenecen al sexo masculino y 50.53% al femenino. Casi la totalidad de los habitantes de esta zona viven en el medio urbano debido a su cercanía a Lima Metropolitana (Ver Cuadro 2.13)

CUADRO 2.13
POBLACIÓN (EN HABITANTES) URBANA Y RURAL SEGÚN SEXO
Y DISTRITO – PROVINCIA DE LIMA

Distrito	Población total			Urbana			Rural		
	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M
Lurigancho	100,240	49,914	50,326	99,660	49,642	50,018	580	272	308
Chaclacayo	35,994	17,617	18,377	35,994	17,617	18,377	-	-	-
Ate	266,398	131,646	134,752	266,398	131,646	134,752	-	-	-
Total	402,632	199,177	203,455	402,052	198,905	203,147	580	272	308

Fuente: Resultados de IX Censo Nacional de Población 1993. Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI.

B Proyecciones del crecimiento poblacional

i. Provincia de Huarochiri

La tasa de crecimiento poblacional (TCA) de la provincia de Huarochiri es casi estacionaria, alcanzando un valor de -0.07% . De acuerdo a las estimaciones realizadas se prevé que la población de esta zona se mantendrá alrededor de los 42,000 habitantes hasta el año 2005. Este decrecimiento moderado de la población, se explica por la cercanía a la capital, que se convierte en un polo de atracción para los jóvenes que buscan mejores oportunidades de empleo, así como por la ejecución de una mayor cantidad de programas de planificación familiar (Ver Cuadro 2.14). Las proyecciones de crecimiento de la población se calcularon con base en la tasa de crecimiento intercensal del periodo 1981-1993.

CUADRO 2.14
TASA Y PROYECCIONES (EN HABITANTES) DE CRECIMIENTO
POBLACIONAL - PROVINCIA DE HUAROCHIRI

Año / Rubro	Población total			Proyecciones de población		
	1981	1993	TCA	1998	2000	2005
Población total	42,601	42,223	-0.07%	42,066	42,004	41,848

Fuente: Elaboración propia

ii. Provincia de Lima

Los distritos de Lurigancho, Chaclacayo y Ate tienen tasas de crecimiento poblacional (TCA) superiores a las de Huarochirí. La tasa más alta la tiene el distrito de Ate con un crecimiento anual de 5.17%, que ha elevado su población de 145,504 habitantes en 1981 a 266,398 en 1993. El distrito de Lurigancho también presenta un alto crecimiento, teniendo una tasa de crecimiento anual de 3.66%. Estos altos incrementos se explican básicamente por la migración campo-ciudad, donde muchos emigrantes provenientes principalmente de la sierranía del país, se asentaron en estos distritos, escapando de la violencia terrorista que azotó sus pueblos o buscando nuevas oportunidades de trabajo y mejores servicios. Entre los tres, Chaclacayo es el que presenta una menor tasa de crecimiento (1.09%), debido a que representa un polo de atracción menor para los migrantes de la sierra (Ver Cuadro 2.15). Al igual que la provincia de Huarochirí, las proyecciones de crecimiento de la población para los años 1998, 2000 y 2005 fueron calculadas utilizando la tasa de crecimiento intercensal del periodo 1981-1993.

CUADRO 2.15
TASA Y PROYECCIONES (EN HABITANTES) DE CRECIMIENTO POBLACIONAL -
PROVINCIA DE LIMA

Distrito	Población total			Proyecciones de la población		
	1981	1993	TCA	1998	2000	2005
Lurigancho	65,139	100,240	3.66%	119,961	128,896	154,256
Chaclacayo	31,592	35,994	1.09%	38,005	38,840	41,009
Ate	145,504	266,398	5.17%	342,745	379,094	487,738

Fuente: Elaboración propia

2.5.3 Actividades económicas

A Población económicamente activa

i Provincia de Lima

Los distritos de Lurigancho, Chaclacayo y Ate tienen una población de 347,430 personas de 6 años y más, de las cuales el 58.36% pertenece a la Población Económicamente No Activa (PENA), mientras que el restante 41.64% pertenece a la Población Económicamente Activa (PEA). Esta a su vez, se distribuye en PEA ocupada y desocupada; la PEA ocupada está conformada por 133,366 personas (92.19%), en tanto que la PEA desocupada alcanza las 11,293 personas (7.81%).

Al relacionar la sumatoria de la PEA desocupada y la PENA con la PEA ocupada, se concluye que por cada 5 personas ocupadas, existen 8 que dependen económicamente de las primeras (Ver Cuadro 2.16).

La PEA ocupada tiene una representación del 38.39% dentro de la población de 6 años y más, la PEA desocupada alcanza un porcentaje de 3.25%, mientras que la PENA tiene al 58.36% de esta población.

ii Provincia de Huarochiri

La población de 6 años y más, está conformada por 37,429 personas, de las cuales 14,994 pertenecen a la población económicamente activa (PEA), representando el 40.06% de esta población. El 93.22 % de esta PEA, se encuentra ocupada, cifra bastante cercana a la nacional que es de 92.86%. Los distritos que presentan mayor proporción de PEA desocupada son Matucana (9.83%), San Antonio (8.74%), San Bartolomé (10.71%), San Mateo (8.59%) y Santa Eulalia (10.36%).

CUADRO 2.16
POBLACIÓN (EN HABITANTES) DE 6 AÑOS Y MAS, POR SEXO Y
CONDICIÓN DE ACTIVIDAD
PROVINCIA DE LIMA

Distrito	Población de 6 años y más			Condición de actividad			
				PEA *			PENA **
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Ocupada	Desocupada	
Ate	228,989	112,873	116,116	96,944	89,652	7,292	132,045
Chaclacayo	31,819	15,444	16,375	12,571	11,517	1,054	19,248
Lurigancho	86,622	42,927	43,695	35,144	32,197	2,947	51,478
Total	347,430	171,244	176,186	144,659	133,366	11,293	202,771

* PEA: Población Económicamente Activa.

** PENA: Población Económicamente no Activa.

Fuente: Resultados de IX Censo Nacional de Población 1993. Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI.

La población económicamente no activa (PENA) está constituida por 22,435 personas que representan el 59.94% de la población de 6 años y más. Los distritos con mayor proporción de PENA son San Pedro de Casta con 66.73%, Chicla con 64.74%, Santa Eulalia con 63.32% y Santa Cruz de Cocachacra con 62.58% (ver Cuadro 2.17).

B Minería

En la cuenca del río Rímac se encuentra un gran número de empresas mineras que dan trabajo a un importante sector de la población. Chicla, es el distrito con la mayor cantidad de personas dedicadas a esta actividad, pues concentra al 51.12% (887 personas) de PEA dedicada a la actividad minera. El centro de trabajo más importante de este distrito es el consorcio minero Casapalca-Yauliyacu, al que pertenecen las minas y la planta concentradora de Casapalca. En esta zona es posible notar la gran cantidad de relave existente, acumulado a través de décadas, debido a la explotación de productos metálicos como cobre, plomo, zinc y plata.

En San Mateo, la minería es la segunda actividad de mayor participación en la PEA después de la agricultura; existen 223 personas dedicadas a la actividad minera (13.69% de la PEA). Las minas en actividad de este distrito son San Marino y Tamboraque, pertenecientes a las empresas CM Lizandro Proaño y CM El Barón S.A., respectivamente.

Las minas Elenita, Milagro y Graciela se encuentran en el distrito de Santa Cruz de Cocachacra, las dos primeras pertenecen a la empresa minera Cecibar S.A., mientras que la tercera pertenece a Perubar S.A. En este distrito cerca del 8.79% de la PEA se dedica a la actividad minera.

En la provincia de Lima, se encuentra la refinería de Cajamarquilla, en el distrito de Lurigancho. En el Cuadro 2.18 se muestran las principales empresas mineras que trabajan en la cuenca.

CUADRO 2.17
POBLACIÓN (EN HABITANTES) DE 6 AÑOS Y MAS, POR SEXO
CONDICIÓN DE ACTIVIDAD - PROVINCIA DE HUAROCHIRI

Distrito	Población de 6 años y más			Condición de actividad			
	Total	Hombres	Mujeres	PEA*			PENA**
Total				Ocupada	Desocupada		
Matucana	4,857	2,508	2,349	1,993	1,797	196	2,864
Callahuanca	684	385	299	286	276	10	398
Carampoma	391	174	217	166	164	2	225
Chicla	4,920	2,512	2,408	1,735	1,661	74	3,185
Huachupampa	399	206	193	237	232	5	162
Huanza	674	342	332	261	255	6	413
Huarocharí	1,755	853	902	902	879	23	853
Laraos	286	131	155	136	134	2	150
Ricardo Palma	3,959	1,981	1,978	1,592	1,487	105	2,367
San Antonio	2,232	1,149	1,083	881	804	77	1,351
San Bartolomé	883	476	407	411	367	44	472
San Juan de Iris	265	141	124	184	182	2	81
San Mateo	4,180	2,167	2,013	1,629	1,489	140	2,551
San Mateo de Otao	1,758	987	771	819	794	25	939
San Pedro de Casta	1,001	508	493	333	324	9	668
Sta. Cruz de Cocachacra	1,793	932	861	671	615	56	1,122
Santa Eulalia	5,869	2,981	2,888	2,153	1,930	223	3,716
Surco	1,523	794	729	605	588	17	918
Total	37,429	19,227	18,202	14,994	13,978	1,016	22,435

* PEA : Población Económicamente Activa.

** PENA: Población Económicamente No Activa.

Fuente: Resultados de IX Censo Nacional de Población 1993. Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI.

CUADRO 2.18
PRINCIPALES EMPRESAS QUE OPERAN EN LA CUENCA

Empresa	Lugares de explotación	Distrito	Tipo de explotación
CM Casapalca Americana	Americana	Chicla	Cu, Pb, Zn, Ag
Emp. Minera Casapalca Centro Perú	Casapalca	Chicla	Cu, Pb, Zn
CM Barón S.A.	San Marino	San Mateo	Cu, Pb, Zn, Ag
CM Lizandro Proaño	Tamboraque	San Mateo	Cu, Pb, Zn, Ag
Perubar S.A.	Graciela	Cocachacra	Pb, Zn, Ag
Cecibar S.A.	Elenita Milagro	Cocachacra Cocachacra	Pb, Zn, Ag Pb, Zn, Ag
Refinería Cajamarquilla S.A.	Cajamarquilla	Lurigancho	Cu, Pb, Zn, Ag, Cd

Fuente: ADI Group International (1997)

C Actividad Agropecuaria

Uso de la Tierra

La mayor parte de la superficie agropecuaria del área de estudio está conformada por superficie no agrícola; en la provincia de Lima (distritos de Ate, Chacalacayo y Lurigancho para este caso) la representación de superficie no agrícola alcanza el 88.23%, mientras que en la provincia de Huarochirí este porcentaje llega al 96.79%.

En la provincia de Lima existe un mayor aprovechamiento de las tierras de labranza; así, el 85% de ésta, se encuentra cultivada con cultivos transitorios, apenas un 10.05% se encuentra en barbecho y sólo un 4% no están trabajadas. No se han detectado tierras que se encuentren en descanso.

En los distritos de la provincia de Huarochirí, el aprovechamiento de la tierra es mucho menor, ya que sólo un 33.65% de esta superficie está destinada a los cultivos transitorios. Las tierras no trabajadas representan el 26.07% de las tierras de labranza, las tierras en descanso el 25.88% y las tierras en barbecho el 14.39. Los distritos con mayor superficie agrícola son:

Lurigancho con 1,608.49 hectáreas, Surco con 1,287.73 hectáreas y Matucana con 1,206.42 hectáreas.

D Ganadería

Provincia de Huarochirí

La población de ganado vacuno en la provincia de Huarochirí llega a las 11,643 cabezas. Los distritos con mayor población de ganado vacuno son San Mateo y Matucana, con el 16.84% (1,961 cabezas) y el 15.42% (1,795 cabezas), respectivamente. También existen 28,572 cabezas de ganado ovino, las cuales se encuentran ubicadas mayormente en San Mateo (25.21%), Huanza (21.15%), Chicla (11.94%) y Laraos (11.92%). El ganado caprino tiene una representación importante, alcanzando las 20,724 cabezas; la mayor parte de su población se encuentra en el distrito de San Antonio (7,346 cabezas) con el 35.45% del total. Le siguen los distritos de Surco y San Mateo de Otao con los porcentajes respectivos de 11.80% y 10.58%. La población de ganado porcino es menos significativa, alcanzando sólo las 2,360 cabezas.

ii Provincia de Lima

En la provincia de Lima, sólo los distritos de Lurigancho y Ate tienen actividad ganadera, dado que Chaclacayo se encuentra totalmente urbanizado. En Lurigancho existe una importante cantidad de ganado porcino, a diferencia de la provincia de Huarochirí, donde este tipo de ganado es poco significativo. Según el Censo Agropecuario de 1994, Lurigancho cuenta con 11,551 cabezas de ganado porcino, repartidas en 418 unidades agropecuarias. Ate también cuenta con población porcina apreciable, alcanzando las 9,996 cabezas. Las 2,453 cabezas de ganado caprino están distribuidas en 81 unidades agropecuarias, mientras que las 2,563 cabezas de ganado ovino están repartidas en 394 unidades agropecuarias. El ganado vacuno está conformado por apenas 1,288 cabezas.

E Producción agrícola

Un gran porcentaje de la producción agrícola de la provincia de Huarochirí se orienta a la venta en el mercado, teniendo en cuenta que la producción de 1,350.51 ha (32.71%) del total de superficie cultivada se dirige fuera de la unidad agropecuaria. Esta por definición es todo terreno o conjunto de terrenos utilizados total o parcialmente para la producción agropecuaria, conducidos como una unidad técnica y económica por un productor agropecuario, sin consideración del tamaño, régimen de tenencia, ni condición jurídica.

Los distritos que concentran el mayor porcentaje de la superficie cultivada para comercializar son Ricardo Palma con el 76.79% de su superficie, San Bartolomé con el 71.84%, Santa Cruz de Cocachacra con el 63.41%, Surco con el 59.89% y Santa Eulalia con el 55.91%.

El 21.34% de la superficie cultivada es destinada al autoconsumo; específicamente 880.88 ha. Los distritos que dedican la mayor cantidad de su superficie cultivada para el autoconsumo son Huanza con 87.62%, Chicla el 86.98%, San Juan de Iris con 79.71%, San Antonio con 69.09%, Laraos con 64.73% y San Mateo con el 63.74%. Existen 661.15 ha de superficie cultivada que están dedicadas a la venta de la producción en la unidad agropecuaria; esta área representa el 16.01% del total de la superficie cultivada en la provincia de Huarochirí. Los distritos de Callahuanca (56.79%) y San Mateo de Otao (49.55%) son los que dedican la mayor parte de su superficie cultivada a la venta en la unidad agropecuaria.

La producción para la venta de semilla sólo se realiza en una unidad agropecuaria del distrito de Santa Cruz de Cocachacra, que apenas cuenta con 0.3 ha .

2.5.4 Infraestructura y servicios básicos

A Vivienda

Provincia de Huarochirí

En la provincia de Huarochirí, sólo el 40.41% de las viviendas habitadas se abastecen de agua por medio de la red pública, otro 22.55% se abastece por medio de un pilón de uso público. Pero la precaria situación de la vivienda se ve reflejada en el porcentaje de viviendas (25.29%) que se abastecen de agua de río, acequia o manantial, que en su mayoría contienen aguas contaminadas provenientes de los ríos de la cuenca.

Casi la mitad de las viviendas (49.25%) no cuentan con servicio higiénico, mientras que un 36.04% de éstas, están conectadas al servicio de alcantarillado público. Otras modalidades de eliminación de excretas son: pozo ciego o negro con el 10.36% y servicio higiénico sobre acequia o canal con el 4.36%.

El 61.81% de las viviendas dispone del servicio de alumbrado eléctrico, siendo ésta la constante en todos los distritos, a excepción de San Mateo de Otayo y San Antonio, donde el 8.18% y 0.46% de las viviendas, respectivamente, cuentan con este servicio .

Con respecto al tipo de construcción de las viviendas, tenemos que el material predominante en éstas es el adobe o tapia, con el 60.06% del total, en tanto que las viviendas hechas de ladrillo, bloque o cemento alcanzan una representación del 26.81%. Las demás viviendas hechas de piedra, quincha, piedra con barro, madera, estera u otro material no alcanzan porcentajes significativos .

ii Provincia de Lima

El 49.04% de las viviendas con ocupantes presentes de los distritos de Lurigancho, Chaclacayo y Ate cuentan con abastecimiento de agua por medio de la red pública, el 11.22% se abastece de agua de pozo, un 12.23% se abastece de pilón de uso público y un 21.04% se abastece de camión cisterna. Las viviendas que se abastecen de agua de río, acequia o manantial representan el 4.63%, porcentaje inferior comparado a las viviendas de la provincia de Huarochirí en este mismo rubro.

El servicio higiénico brindado por medio de la red pública está conectado al 43.75% de las viviendas, el 25.97% cuenta con pozo negro o ciego y un 4.59% tiene su servicio sobre acequia o canal. Más de la cuarta parte de las viviendas (25.36%) no tienen servicio higiénico.

La gran mayoría de las viviendas de esta zona cuentan con alumbrado eléctrico (72.46%). En Chaclacayo este porcentaje llega al 91.38%, debido al proceso de urbanización que se ha venido desarrollando en la zona.

En esta zona, como en el resto de Lima, más del 60% de las viviendas están hechas de material noble (ladrillo, bloque o cemento), sólo 16.9% de las viviendas está hechas de adobe o tapia, diferenciándose significativamente de las viviendas de la provincia de Huarochirí, que son mayormente de este material. Un porcentaje apreciable de viviendas (11.38%) están hecho de estera, principalmente en las invasiones y pueblos jóvenes, dadas las precarias condiciones económicas de sus pobladores. Las viviendas hechas de otros materiales alcanzan porcentajes poco significativos .

B Educación

Provincia de Huarochirí

Según el IX Censo de Población de 1993, en la zona de estudio existen 3,468 personas analfabetas. De acuerdo a esta cifra, se obtiene una tasa de analfabetismo de 9,4%, inferior a la tasa promedio nacional que alcanza el 12.8% .

Los distritos con mayores tasas de analfabetismo son Laraos con 20.07%, Carampoma con 18.11% y Huanza con 14.9%. Los distritos con menores tasas son Callahuanca con 4.99%, Surco con 6.76% y San Mateo de Otazo con 6.94%. Existen 3,828 personas que han recibido educación superior, tanto universitaria como no universitaria, 12,714 tienen educación secundaria y 16,319 tiene sólo educación primaria .

ii Provincia de Lima

De acuerdo a la información del Censo de 1993, la tasa de analfabetismo de la provincia de Lima (Lurigancho, Chaclacayo y Ate) alcanza el 7.81% debido a que existen 27,904 personas analfabetas en esta zona. Las personas que han alcanzado el nivel de educación primario suman 115,914; 138,965 que han alcanzado el nivel secundario y 69,189 las que han tenido educación superior, tanto universitaria como no universitaria, suman.

C Salud

Las principales causas de morbilidad en la cuenca del río Rímac son las infecciones respiratorias agudas (IRA) y las enfermedades diarreicas agudas (EDA); éstas se presentan por efecto de la contaminación del agua, la falta de higiene, manejo inadecuado de los alimentos y factores climáticos.

Para evitar este tipo de problemas, el personal de salud que trabaja en los centros de salud de los distritos de la cuenca viene dando charlas a la población, en colegios y escuelas y clubes de madres; también realizan visitas domiciliarias periódicamente a las localidades más alejadas.

i Provincia de Huarochirí

Todos los establecimientos de salud de la provincia de Huarochirí pertenecen a la red de la Sub-Región Lima Este, que tiene como central al Hospital San Juan de Matucana, ubicado en la capital de la provincia de Huarochirí. Esta red cuenta con cuatro centros de salud y un centro médico, ubicados en los poblados más importantes de la zona, 25 puestos de salud y una comunidad terapéutica. Casi la mitad de estos establecimientos recién han empezado a funcionar en la década de los 90, atendiendo las necesidades de la población más alejada de la zona .

Esta zona cuenta con 44 médicos (24 de ellos dedicados a la medicina general), 25 enfermeras, 18 obstetrices, 7 odontólogos, 2 psicólogos, 81 asistentes técnicos, 63 promotores de salud, entre otros. Los médicos se concentran principalmente en el Hospital de Matucana, en los centros y en algunos puestos de salud. Los puestos de salud, están generalmente a cargo de una enfermera o asistente técnico; en esta situación se encuentran 12 puestos de salud: de Huachupampa, Huanza, Laraos, San Mateo, San Mateo de Otao y San Pedro de Casta.

La infraestructura de los servicios de salud es bastante limitada; las 41 camas arquitectónicas (camas especialmente diseñadas para uso hospitalario) de la zona se encuentran repartidas entre el Hospital San Juan de Matucana (26) y el Centro Médico Clínica Casapalca. En esta zona, sólo se tienen 100 camas en funcionamiento, ubicadas en los principales establecimientos de salud. Existen 24 puestos de salud que no cuentan con ninguna cama para atender a sus pacientes.

ii Provincia de Lima

El distrito de Lurigancho cuenta con 2 clínicas, 7 centros de salud, 11 puestos de salud y otros 6 establecimientos dedicados a diferentes especialidades, en tanto que Chaclacayo cuenta con una clínica, 6 centros de salud y 4 puestos de salud. En total existen 35 establecimientos de salud en la provincia de Lima, los cuales pertenecen a la sub-región de Salud Lima - Este. De este total de establecimientos, 25 pertenecen al Ministerio de Salud, 4 son privados, y 5 pertenecen a ONG's especializadas en salud mental. La población del distrito de Ate, por estar dentro del casco urbano de Lima, hace uso de los numerosos establecimientos que brinda la ciudad capital, entre hospitales, clínicas, centros asistenciales y puestos de salud.

En todos estos establecimientos trabajan 100 médicos, de los cuales 52 son médicos dedicados a la medicina general, y 26 son especialistas clínicos.

Esta zona también cuenta con 10 cirujanos, 5 pediatras y 3 gineco-obstetras. Para la labor de apoyo a los médicos, se cuenta con 40 enfermeras y 185 técnicos asistenciales.

Los distritos de Lurigancho y Chaclacayo, por estar ubicados en zonas urbanas cuentan con mejores servicios de salud, estando al alcance de los pobladores de esta zona. La consulta por paciente cuesta 3 soles en los establecimientos del Ministerio de Salud.

En cuanto a la producción de servicios de salud, se puede constatar que hubo un crecimiento del 24% en el número de atendidos entre 1994 y 1995, un crecimiento similar (29%) se ha presentado en el número de atenciones. En toda la zona, durante 1995, se han efectuado 30 operaciones de cirugía mayor y 1,246 operaciones de cirugía menor.

Entre Lurigancho y Chaclacayo existe un total de 146 camas arquitectónicas y 379 camas en funcionamiento, las cuales son insuficientes para atender a la numerosa población de estos distritos (136,234 habitantes).

D Transporte y Comunicaciones

i provincia de Lima

Los distritos de la provincia de Lima, Ate, Chaclacayo y Lurigancho, pertenecen a Lima Metropolitana, conectándose con el centro de la ciudad a través de la Carretera Central. Otra vía alternativa es la Av. Ramiro Prialé, que permite un acceso más rápido a los distritos de Lurigancho y Ate.

La Carretera Central en esta zona tiene un alto flujo vehicular, principalmente del servicio público de pasajeros. Los vehículos de transporte urbano, conformados en su mayoría por ómnibus y combis, trasladan a los pobladores de estos distritos hacia sus centros de trabajo ubicados en la zona urbana.

El transporte de carga está representado principalmente por los camiones que traen alimentos desde el centro del país, específicamente de los departamentos de Huánuco, Junín y Pasco. Estos camiones traen verduras, frutas y tubérculos que abastecen a un importante sector de Lima. Los puntos de acopio de estos productos son el Mercado Mayorista y el Mercado de frutas en La Victoria, el Mercado de Productores en Santa Anita y el Mercado de Ceres, ubicado en Ate.

Los distritos de la provincia de Lima cuentan con medios de comunicación como correo, teléfono público, central telefónica y estaciones de radio.

ii Provincia de Huarochirí

Los distritos de la provincia de Huarochirí que se encuentran ubicados a lo largo de la Carretera Central, como Santa Eulalia, Ricardo Palma, Santa Cruz de Cocachacra, Surco, Matucana, San Mateo y Chicla se comunican con la ciudad de Lima a través de esta vía. Los pobladores de Chicla y San

Mateo se dirigen hacia Lima utilizando los ómnibuses de las empresas interprovinciales; mientras que los pobladores de Matucana, San Mateo, Surco y Cocachacra cuentan con comités de transportes locales que salen a Lima diariamente.

Los distritos de la provincia de Huarochirí que se conectan con la Carretera Central a través de caminos en mal estado, tienen mayores dificultades de transporte. Por ejemplo distritos como Huachupampa y San Antonio sólo cuentan con un camino carrozable para acceder a sus localidades. Ambas poblaciones se encuentran a unos 85 kilómetros de la capital provincial, Matucana.

Por razones climáticas, geográficas y la falta de mantenimiento, algunas vías de acceso a los distritos de la provincia de Huarochirí no son transitables; tal es el caso de la carretera que va al distrito de Carampoma que no es transitable de enero a febrero; el camino a San Antonio no es transitable de diciembre a marzo. En San Bartolomé el camino de acceso a este poblado no es transitable en el mes de marzo.

Los medios de transporte más comunes en esta zona son los ómnibuses para el transporte de pasajeros y los camiones para el transporte de carga que vienen y van de Lima a la Selva y Sierra Central. El flujo vehicular de carga utilizado para transportar los productos agropecuarios de los distritos de la provincia de Huarochirí hacia Lima, es reducido, debido a las bajas condiciones productivas de estas zonas.

Los distritos de Matucana (capital provincial) y Chicla son los únicos de la provincia de Huarochirí que tienen estaciones de radio locales; San Mateo y San Pedro de Casta cuentan con centrales telefónicas, mientras que el servicio de teléfonos públicos sólo está presente en Matucana, Callahuanca, Chicla, Santa Eulalia, Ricardo Palma y San Bartolomé. El servicio de telégrafo, dada su antigüedad, sólo se encuentra en Matucana.

Otro medio de transporte de pasajeros en la cuenca del río Rímac, es el ferrocarril que une Huancayo con Lima, perteneciente a la Empresa Nacional de Ferrocarriles (ENAFER). Para el transporte de minerales de los centros mineros, tanto ENAFER como CENTROMIN poseen vagones especialmente acondicionados para dicho fin.

E Saneamiento Básico

Uno de los principales problemas ambientales identificados en la cuenca del río Rímac, es el asociado a la falta de servicios de saneamiento básico. Según el INEI, en los diversos centros poblados asentados en la cuenca, existe un alto porcentaje de viviendas que carecen de servicios de alcantarillado y de disposición de excretas. En poblados importantes de la provincia de Huarochirí como Chicla, sólo el 45% disponen de servicio público de alcantarillado, el 15% en San Mateo, 25% en Matucana y el 31% en Surco, con el agravante que su funcionamiento es deficiente, dado que la red de colectores existentes se encuentra en pésimas condiciones.

La escasa red de alcantarillado existente en estos poblados, vierte los desechos colectados directamente al río o quebradas más cercanas, por la falta de infraestructura para su tratamiento. De igual forma, el resto de las viviendas que no cuentan con el servicio, descargan sus desechos hacia canales de riego más cercanos, o son dispuestos al aire libre.

Las poblaciones asentadas en las partes altas de la cuenca, tales como Huanza, Laraos, San Juan de Iris, San Pedro de Casta, Callahuanca, Carampoma, San Antonio, San Bartolomé, carecen de servicios de saneamiento en mayor porcentaje que los anteriormente citados; sólo un 10% en promedio cuenta con ella. Sin embargo, el problema se aprecia amenguado por su escasa población, así como por la distancia que los separa de los cursos de agua.

Las localidades de Ricardo Palma y Santa Eulalia no son la excepción, donde el 30% dispone del servicio de alcantarillado, pero carece de plantas para su tratamiento, vertiéndose las aguas servidas al río Rímac. En este caso, es posible integrar su sistema de alcantarillado al emisor Chosica, que colecta las aguas servidas de Chosica, Chaclacayo y localidades menores asentadas en la margen izquierda del río Rímac, para ser tratadas en la Planta de Carapongo.

CAPITULO 3: PROYECTOS DE INGENIERIA DE CONTROL Y PROTECCIÓN DE FLUJOS DE LODO (huaycos)

CHOSICA

UBICACIÓN

Chosica se encuentra ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lima, distrito de San Juan de Lurigancho a 38 Km de distancia de la ciudad de Lima geográficamente se encuentra entre las coordenadas 11°53' latitud sur y 76°40' longitud oeste. Se ubica entre los 800 a 900 m.s.n.m. localizándose la ciudad en ambas márgenes del río Rímac. sus limites son:

NORTE : Challa

SUR : Lima y Ate-Vitarte

ESTE : Ricardo Palma

OESTE : San Juan de Lurigancho

La topografía de la zona de la ciudad es muy irregular, con desniveles en su sección transversal y longitudinal bastante apreciable, la pendiente longitudinal es del 2% y la transversal del 10% llegando en algunos casos hasta 28%.

VIAS DE ACCESO

La ciudad de Chosica cuenta con vías principales de acceso: La Carretera Central y el Ferrocarril Central.

La Carretera Central y la Vía Férrea tienen un papel importante al ser la conexión entre el área metropolitana de Lima y la Sierra Central como infraestructura de transporte.

También existen servicios de microbuses que unen Chosica con tramos accesorios que llegan hasta los conos aluviales de las quebradas principales, donde se ubican los pueblos jóvenes y asentamientos humanos, todos estos detalles se pueden apreciar en las fotografías aéreas 1 y 2.



FOTO 1: Foto aérea de Chosica mostrando las Qdas. de Sta. Maria (yanacoto) y de Quirio

La ciudad de Chosica, ubicada a lo largo del río Rímac (km 31-37), con ejes transversales de desarrollo penetrando en las quebradas en dirección norte, principalmente, la Quebrada Quirio y la Quebrada del Pedregal. Las condiciones de la vivienda y la infraestructura en estas quebradas son precarias, especialmente en las laderas, en los extremos de las quebradas. La zona céntrica de la ciudad, se encuentra sobre el km 35 (Parque de Chosica), correspondiente a las zona céntrica de la ciudad. En la margen derecha del río, la ciudad de Chosica se extiende hacia el oriente, bordeando los cerros de Chosica. En la margen izquierda del río, las limitaciones orográficas son más acentuadas, con asentamientos lineales en una franja angosta entre La Cantuta y la quebrada La Ronda.

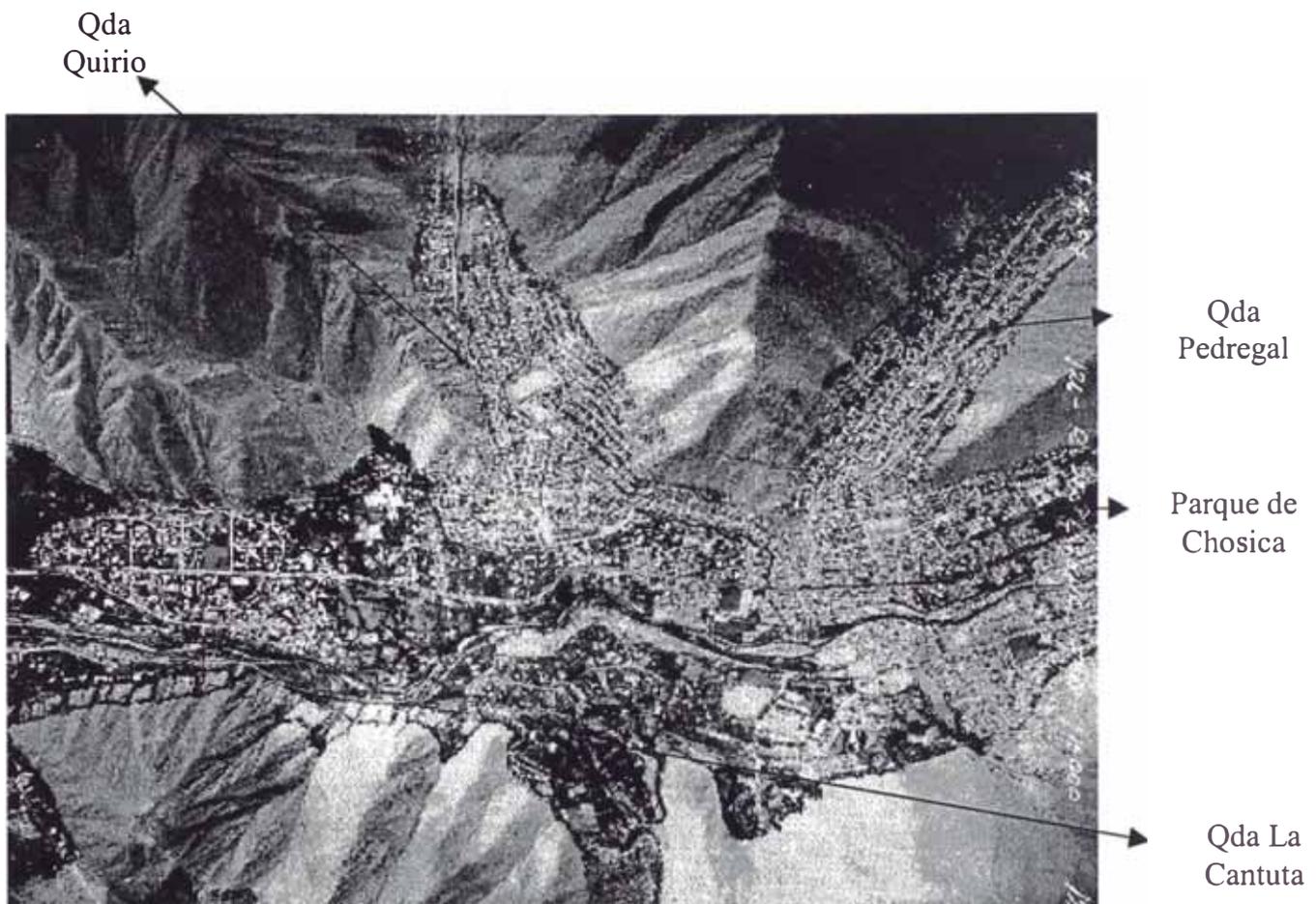


FOTO 2: Foto aérea de Chosica mostrando las Qdas. de Quirio y el Pedregal

Fotografía aérea que muestra la peligrosa expansión urbana de los últimos años especialmente en el cauce de las torrenteras de las quebradas de Quirio y el Pedregal, la tendencia del crecimiento es hacia las partes altas de las microcuencas mencionadas

3.1 H1 Proyecto: Control y Protección de Flujos de Lodo (huaycos) en la Microcuenca Quirio

3.1.1 Ubicación del proyecto

El proyecto está ubicado en la Quebrada Quirio, distrito de Lurigancho (Chosica), provincia de Lima, departamento de Lima. La Quebrada Quirio tiene una altitud mínima de 805 msnm y una máxima de 2,010 msnm. El centro poblado más importante de la quebrada es el Pueblo Joven Nicolás de Pierola.

El área del proyecto, esta ubicado en la cuenca media del río Rímac y se encuentra localizado geográficamente entre los 11°54' 00" y 11°56' 32", latitud sur y 76°42' 15" a 76°44' 37" longitud oeste.

3.1.2 Objetivo

Minimizar y evitar los efectos negativos producidos por el fenómeno de geodinámica externa de tipo flujos de lodo, a través de obras de protección tendientes a proteger la vida y las propiedades; tanto privadas como públicas, en épocas de lluvia.

3.1.3 Información básica

La quebrada Quirio tiene un alto grado de peligro y una alta susceptibilidad a daños a la población e infraestructuras asentados en la zona, debido a que presenta una geodinámica activa, con un dominio progresivo de erosión, denudación en la parte alta, deposición y removilización de sedimentos en la parte media y acumulación en la parte baja. Los flujos torrentes (huaycos) siempre han actuado en la quebrada, invadiendo la parte baja.

La microcuenca Quirio, abarca una superficie de 913.53 ha, con pendientes del orden de 10 a 30%, desde su tramo inferior al superior, con un promedio de 23% (ángulo de 13.2°). El ancho medio de la quebrada es de 25 metros.

La población beneficiada directamente con los trabajos del proyecto en la microcuenca Quirio son 11,390 habitantes, ubicada principalmente en la parte baja.

3.1.4 Justificación del proyecto

Existe una alta ocurrencia de deslizamientos y flujos de lodo en la quebrada Quirio; para lo cual, es necesario proteger a la gran concentración de pobladores que se encuentran localizados en la parte baja, que es el lugar principal donde daña en mayor medida dichos fenómenos. La población del lugar tiene una baja capacidad económica, lo cual, no le permite afrontar con gastos propios la ejecución de obras para prevenir estos desastres naturales; principalmente, los provocados por flujos de lodo (huaycos). Por otro lado, estos problemas afectan seriamente la Carretera Central, interrumpiendo y cerrando la principal vía de acceso de productos de primera necesidad a la ciudad capital, alterando los precios de estos productos, provocando procesos inflacionarios y desestabilizando el mercado.

3.1.5 Descripción del proyecto de la microcuenca de Quirio

Las obras principales a realizarse en esta Quebrada se refieren a una presa de control de erosión de 10 m de altura, ubicada a unos 2,500 m de distancia desde la confluencia con el río Rímac, a una cota de 1,047 msnm. y una presa principal de 15 m de altura, ubicada a unos 1,700 m de distancia desde la confluencia con el Rímac, a una cota de 986 msnm. La distancia entre las dos se estima en 800

m, que con una pendiente de equilibrio de 5%, la cola de sedimentos llegaría a la cota 1,040 msnm. Entre estas dos represas se ubicarán 4 pequeñas presas de mampostería de piedra y 4 pequeñas presas de enrocado, distanciados 50 m entre sí. Los detalles técnicos se muestran en los planos H1-3 a H1-6.

Aguas abajo de la presa principal en un tramo de 1.200 m se construirán 13 pequeñas presas de mampostería de piedra y 13 pequeñas presas de enrocado en forma alternada, de 5 m de altura total, de los cuales dos son de cimentación, separados 50 m entre sí, de acuerdo a lo mostrado en los planos H1-1 y H1-2. Los de enrocado se construirán al año siguiente de los de mampostería, buscando las colas de relleno que se hayan formado, de manera tal que se llegue a una pendiente real de estabilización (ver foto 3 de área afectada por huaycos Quirio - Pedregal). Las pequeñas presas de mampostería de piedra y de enrocado son estructuras más pequeñas que las presas. Las pequeñas presas de mampostería de piedra están formadas por rocas unidas por mezcla de concreto pobre; requiriéndose se haga de forma manual con el fin de dar trabajo a los pobladores de la zona y las pequeñas presas de enrocado por rocas acomodadas ya sea manualmente o con maquinarias, una sobre otras. Los cálculos justificativos de diseños para las pequeñas presas de mampostería de piedra y diques de enrocado se muestran a continuación de los planos.

A partir de la distancia mencionada, por tratarse de zonas urbanas la Municipalidad de Chosica deberá establecer un ancho entre las fajas marginales de la quebrada con el fin de que no se invada su cauce de seguridad, de acuerdo a las normas urbanas y legales vigentes.

3.2 H2 Proyecto: Control y Protección de Flujos de Lodo (huaycos) en la Microcuenca Pedregal.

3.2.1 Ubicación del proyecto

El proyecto está localizado en la Quebrada Pedregal, distrito de Lurigancho, provincia de Lima, departamento de Lima, la misma que actualmente es un canal que cruza la ciudad de Chosica, llegando en estas condiciones hasta la Carretera Central, para luego seguir su curso hacia el río Rímac. La quebrada Pedregal tiene una altitud mínima de 820 msnm y una máxima de 2,330 msnm. El centro poblado más importante de la quebrada es el Pueblo Joven San Antonio.

El área del proyecto está ubicada en la cuenca media del río Rímac y se encuentra localizado geográficamente entre los 11°53' 11" y 11°56' 24" latitud sur y 76°41' 09" a 76°42' 58" longitud oeste.

3.2.2 Objetivo

Minimizar y evitar los efectos negativos producidos por el fenómeno de flujos de lodo a través de obras de protección tendientes a proteger la vida y las propiedades; tanto privadas como públicas, en épocas de lluvia.

3.2.3 Información básica

La quebrada Pedregal tiene un alto grado de peligro y una alta susceptibilidad a daños, debido que presenta una geodinámica activa con una alta probabilidad de ocurrencia de huaycos, con un dominio progresivo de erosión, denudación en la parte alta, deposición y removilización de sedimentos en la parte media y acumulación en la parte baja. Los flujos torrentes (huaycos) siempre han actuado en la quebrada, causando serios perjuicios al Pueblo Joven San Antonio, principalmente.

La superficie de la microcuenca Pedregal es de 1056.67 ha, con pendientes del orden de 10 a 30%, desde su tramo inferior al superior, con un promedio de 25% (ángulo de 14.3°). El ancho medio de la quebrada se estima en 30 metros

3.2.4 Justificación del Proyecto

Existe una alta ocurrencia de flujos de lodo en la quebrada Pedregal; para lo cual, es necesaria una protección para la gran concentración de pobladores que se encuentran localizados en la parte baja, que es el lugar principal donde daña en mayor medida dichos fenómenos. Además, la población beneficiada con el proyecto tiene una baja capacidad económica; lo cual, no le ha permitido a lo largo de los años afrontar con gastos propios para la ejecución de obras en la prevención de desastres naturales, principalmente los provocados por flujos de lodo (huaycos). Por otro lado, estos problemas afectan seriamente la Carretera Central, interrumpiendo y cerrando la principal vía de acceso de productos de primera necesidad a la ciudad capital, alterando los precios de estos productos, provocando procesos inflacionarios y desestabilizando el mercado.

3.2.5 Descripción del proyecto de la Microcuenca el Pedregal

Las principales obras a realizarse en esta quebrada se refieren a dos presas de control de la erosión de 15 metros de altura, ubicadas en las cotas 1,117 y 1,093 msnm en el eje de la quebrada. La pendiente de equilibrio es de 5%, en los tramos intermedios y hacia aguas abajo se colocará una presa pequeña de 1 m de altura (incluidos 2 m de la cimentación) de mampostería de piedra, colocado a una distancia de 150 metros de la presa de control de erosión inferior. Los detalles técnicos se muestran en los planos H2-3 a H2-6.

aguas abajo de la presa de control de erosión inferior principal, se ubicarán 20

pequeñas presas de 5 m. de altura de mampostería de piedra y 20 pequeñas presas de enrocado, de forma alternada de 5 m de altura, de los cuales 2 serían de cimentación de acuerdo a lo mostrado en los planos tipo H2-1 y H2-2. Los de enrocado se construirán al año siguiente de los de mampostería, buscando las colas de relleno, de manera tal que se llegue a una pendiente real de estabilización (ver foto 3 de área afectada por huaycos Quirio - Pedregal). Las pequeñas presas de mampostería de piedra y de enrocado son estructuras más pequeñas que las presas de control de erosión. Las pequeñas presas de mampostería de piedra están formado por rocas unidas por mezcla de concreto pobre; requiriéndose se haga de forma manual con el fin de dar trabajo a los pobladores de la zona y las pequeñas presas de enrocado por rocas acomodadas ya sea manualmente o con maquinarias, una sobre otras. Los cálculos justificativos de diseños para las pequeñas presas de mampostería de piedra y las pequeñas presas de enrocado se muestran mas adelante.

A partir de esta distancia, por tratarse de zonas urbanas la Municipalidad de Chosica deberá establecer en ancho entre las fajas marginales de la quebrada con el fin de que no se invada su cauce de seguridad, de acuerdo a las normas urbanas y legales vigentes.

CAPITULO 4: FUNDAMENTO TEORICO

Esta sección presenta los procesos utilizados en el análisis de las presas de gravedad y de muros de sostenimiento de gaviones, como así también las hipótesis consideradas en este proceso.

Los métodos utilizados en los cálculos hacen referencia al Método del Equilibrio Límite, teorías de Rankine, Coulomb, Meyerhof, Hansen y Bishop (método Simplex) para la verificación de la estabilidad global de la estructura.

4.1 Conceptos básicos

El tipo de presa a construir depende en gran medida de su fundación, como también de la topografía de la boquilla, de la estructura geológica del lugar de su emplazamiento, del tipo de rocas en la cimentación, de su permeabilidad además de los aspectos económicos.

Tanto una presa de tierra o de concreto tienen problemas inherentes a una gran obra de ingeniería, como son:

- Seguridad del conjunto presa-cimentación
- Economía
- Adaptación a las condiciones hidrológicas y
- Adaptación al medio local y al hombre.

Los problemas esenciales que se debe tener en cuenta en el diseño de una presa son:

La organización del proyecto, es decir la disposición de sus principales estructuras y en especial de la presa.

La determinación de las propiedades de los materiales a emplear y la interpretación de los resultados de las pruebas.

Los cálculos de estabilidad y la determinación de los coeficientes de

seguridad.

4.1.1 Principales tipos de represas

A continuación se describen los principales tipos de represas que pueden diseñarse de acuerdo a las características de la cimentación, canteras de materiales, la elección de cada tipo dependerá de un conjunto de factores, además del económico.

Los principales tipos de represas pueden clasificarse en :

- Represa de Gravedad
- Represa de Arco
- Represa de Contrafuertes
- Represa de Tierra
- Represa de Enrocamiento y
- Represa Móviles

Las presas de mucha longitud con frecuencia tienen una sección central de concreto y presas de tierra en los aleros.

4.1.2 Represa de Gravedad

Una represa de gravedad es una estructura sólida, construida de concreto ciclópeo, de forma triangular, se adapta a cualquier ubicación, pero su costo de mantenimiento es alto, mayor que el de las presas de tierra, sin embargo ha sido el tipo de presa mas construido inicialmente, las primeras se ejecutaron el siglo pasado.

Generalmente las presas menores de 30 metros se denominan pequeñas, las de 30 a 90 metros medianas y las mayores de 90 metros grandes presas. Su altura esta limitada por la resistencia del terreno sobre el cual se cimentan.

Existen dos variantes en el diseño de esta represa:

Represa de gravedad sólida ejecutada con concreto ciclópeo de un

peso específico de 2500 kg/m^3 , este diseño permite ahorro de cemento por m^3 de presa, menor encofrado y menor costo de mano de obra.

Represa de gravedad hueca: se diseñan para disminuir las cargas de la represa en la cimentación, son fabricadas con concreto mas resistentes intercalando volúmenes vacíos en el cuerpo de la presa, por lo que se disminuye hasta un 40% del peso.

La forma del paramento aguas arriba es vertical o ligeramente inclinado hacia delante o se agrega a cierta altura un pequeño triangulo para aumentar su estabilidad, el paramento posterior es inclinado o curvo.

4.1.3 Procedimiento de diseño de represas de gravedad

Para que este tipo de presas sean estables se deben cumplir las condiciones siguientes:

a) La resultante del empuje hidrostático y del peso debe pasar por el tercio central de la base, tanto actuando o no la subpresión. Este análisis se debe efectuar en diferentes capas y se denomina análisis de estabilidad al vuelco.

b) El análisis de deslizamiento, se efectúa considerando que la fuerza horizontal tiende a mover horizontalmente la presa y es contrarrestada por la resistencia al corte del concreto o del terreno de la cimentación. Será segura al deslizamiento cuando:

$$\frac{H}{V - S_p} < f$$

donde:

H, suma de fuerzas horizontales

V, suma de fuerzas verticales

S_p , subpresion

f, coeficiente de fricción

c) La Carga admisible en los terrenos de Cimentación: no deben ser mayores que la carga de trabajo del terreno.

d) los esfuerzos internos de compresión y corte en el muro mismo no deben sobrepasar los esfuerzos de carga de trabajo del concreto.

Para evitar la subpresión se instalan galerías de drenes en el bloque de la presa muy cerca del paramento aguas arriba.

En algunas presas para mejorar el anclaje de la presa con la cimentación se ejecutan perforaciones y galerías para realizar inyecciones de lechadas de cemento arena.

4.2 Criterios de calculo de presas de gaviones

Para determinar el valor del empuje se utiliza la teoría de Coulomb, para lo cual tendremos:

La superficie de rotura es plana

La fuerza de rozamiento interno se distribuye en forma uniforme a lo largo de la superficie de rotura

La cuña de terreno entre la superficie de rotura y el muro se considera indeformable

Se desarrolla un esfuerzo de rozamiento entre el muro y el suelo en contacto, lo cual hace que la recta de acción del empuje activo se incline en un ángulo δ respecto a la normal al paramento interno del muro

La rotura se analiza como bidimensional tomando una franja unitaria del muro considerando la estructura como continua e infinita.

Para no sobredimensionar la estructura dado que el gavión es permeable, se puede omitir el empuje hidrostático

4.3 Determinación del empuje

El empuje de tierra es la resultante de las presiones laterales ejercidas por el suelo sobre una estructura de sostenimiento o de fundación. Estas presiones pueden ser debidas al peso propio del suelo o a sobrecargas aplicadas sobre él.

El valor del empuje sobre una estructura depende fundamentalmente de la deformación que esta sufre bajo la acción del empuje. Así siendo, efectuado un experimento utilizando un paramento vertical móvil, como el mostrado en el grafico 4.1 soportando un desnivel de suelo, se verifica que la presión ejercida por el suelo sobre el paramento varia con el deslizamiento del mismo.

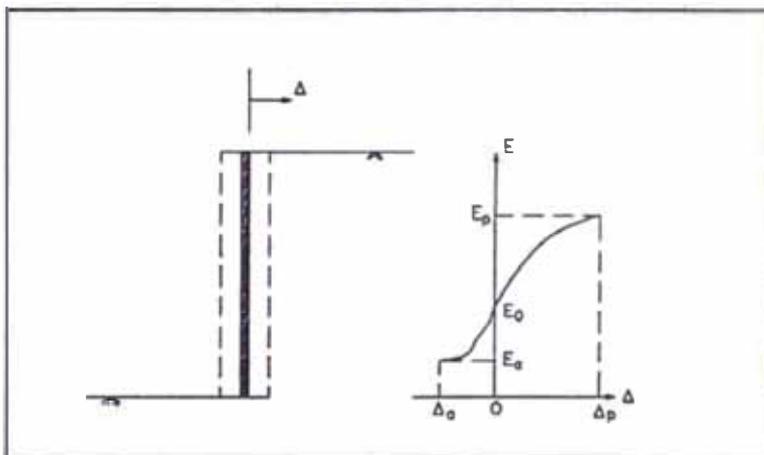


Grafico 4.1 Empuje sobre un paramento móvil

Cuando el paramento se aparta del suelo sostenido, hay una disminución del empuje hasta un valor mínimo que corresponde al total desarrollo de la resistencia interna del suelo. Esta condición se obtiene con un pequeño desplazamiento del paramento y es llamado estado activo. El empuje actuante

en este instante, entonces, es llamado empuje activo (E_a). Si al contrario el paramento es movido contra el suelo sostenido, habrá un aumento del empuje hasta un valor máximo donde habrá nuevamente movilización total de la resistencia del suelo. A este valor máximo se lo llama empuje pasivo (E_p) y la condición de deformación en que ocurre es llamada estado pasivo. A diferencia del estado activo, el estado pasivo solo es desarrollado después de un desplazamiento mucho mayor del paramento.

En el caso que el paramento se mantenga inmóvil en su posición inicial, el empuje, conocido como empuje en reposo (E_0), se mantendrá entre los valores del empuje activo y del empuje pasivo. Esta condición no representa un completo desarrollo de la resistencia del suelo.

Los muros de sostenimiento de gravedad en general permiten una deformación del suelo sostenido suficiente para que su resistencia sea totalmente desarrollada. Por lo tanto, deben ser dimensionados sobre la acción del empuje activo.

4.4 Calculo del empuje

Se adopta en el calculo el estado limite activo del terreno. El método de Coulomb se basa en el estudio del equilibrio de una cuña de suelo indeformable sobre la cual actúa el peso propio, la fuerza de rozamiento y eventualmente la cohesión. Esta cuña activa se produce cuando hay un desplazamiento de la estructura de contención, lo cual sucede solo si la misma es deformable como en el caso de los gaviones. En el caso de muros muy rígidos se desarrollan empujes mayores que los correspondientes al empuje activo.

En el caso de muro con paramento vertical interno la superficie de empuje es el propio paramento interno del muro. En el caso de muro con escalones internos, se considera la superficie que une los extremos interno superior e inferior del muro.

Queda así determinado el ángulo β formado por el plano de empuje y la horizontal.

A los efectos de conocer el valor del empuje es necesario el valor de la fricción interna del suelo φ y la cohesión c .

Para el calculo del empuje activo (k_a) se uso la siguiente expresión :

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen}^2 \beta \text{sen}(\beta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \text{sen}(\beta + \varepsilon)}} \right]^2}$$

Debe considerarse que tanto la fricción como la cohesión se alteran cuando se modifica la humedad del terreno. Dado que ambos parámetros influyen sensiblemente en la determinación del empuje activo debe cuidarse mucho cual es el valor adoptado. Suele ser conveniente despreciar la cohesión, ya que esta se modifica con el tiempo y tiene grande influencia sobre el valor final del empuje.

Para terraplenes compactados puede adoptarse un valor de $\varphi = 30^\circ$.

Tras el muro se admite una distribución uniformemente variada de presiones, con lo cual el empuje toma una configuración triangular.

El empuje activo es calculado en función del peso del terreno y de la altura del muro, siendo su valor reducido debido al coeficiente de empuje activo K_a .

Como se dijo el valor del coeficiente de empuje activo depende del ángulo β

ya mencionado, de ε que es el ángulo del talud sobre el muro con la horizontal, de φ ángulo de fricción interna del terreno, de δ ángulo de fricción entre el muro y el terreno.

En los muros de gaviones, se puede asumir $\delta = \varphi$.

Estos valores favorables, se deben a la alta rugosidad de la estructura en gaviones que aumenta sensiblemente la fricción.

δ determina también el ángulo entre la dirección del empuje y la normal a su plano de ubicación

El empuje activo esta determinado por la expresión:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma_s H^2 K_a - 2cH \sqrt{K_a} [t / m]$$

en la cual:

γ_s = peso específico del suelo

c = cohesión

H = $[h + (b-a) \operatorname{tg} \alpha] \cos \alpha$, altura de actuación del empuje siendo:

h = altura del muro

b = base del muro despreciando los escalones externos

a = ancho del muro en la cima

en el grafico 4.2 se pueden ver todos estos elementos que intervienen en el análisis

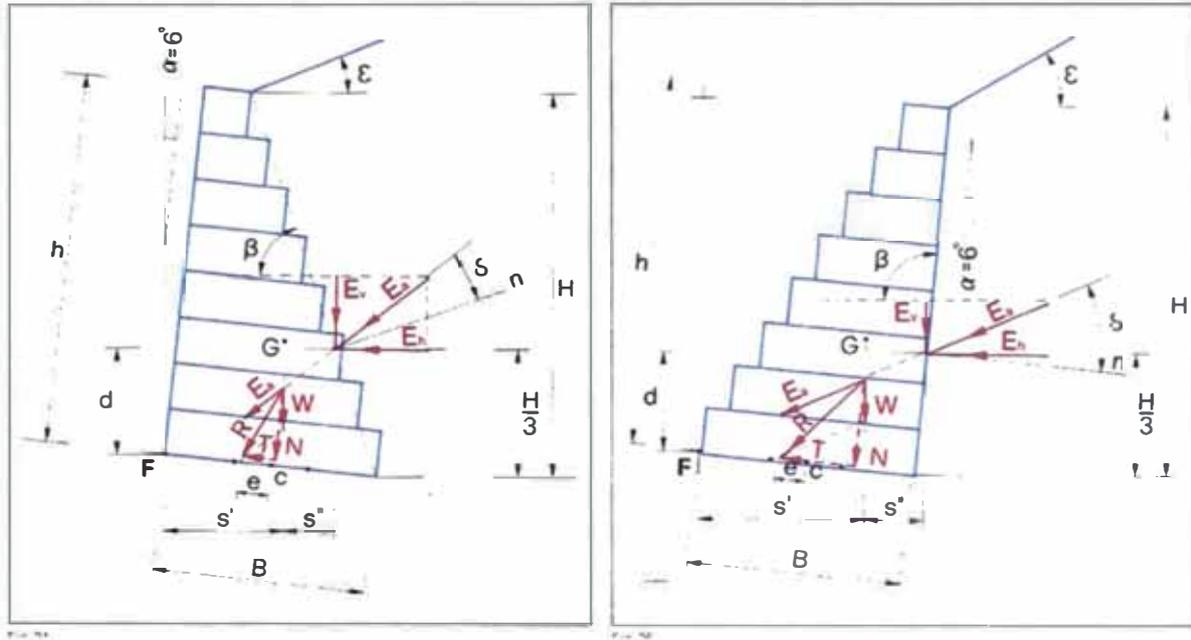


Grafico 4. 2 Elementos que intervienen en el análisis de estabilidad

La altura del punto de aplicación del empuje se calcula con la formula

$$d = \frac{H}{3} \left(\frac{H + 3h_s}{H + 2h_s} \right) - B \operatorname{sen} \alpha$$

En la cual d es la altura de aplicación del empuje activo, medida en forma vertical desde la horizontal que pasa por el fulcro o punto de rotación F y B es la longitud de la base del muro.

4.5 Criterios de verificación de la estabilidad

Se calcularon la verificación de estabilidad por:

- Seguridad al deslizamiento ≥ 1.5
- Seguridad al vuelco ≥ 1.5
- Carga sobre el terreno
- Verificación en secciones intermedias
- Seguridad de rotura global entre $\langle 1.1 \text{ y } 1.3 \rangle$

4.5.1 Verificación de la seguridad al deslizamiento

Para calcular la seguridad al deslizamiento se uso la siguiente formula

$$\eta' = \frac{[(W + E_v) \cos \alpha + E_h \operatorname{sen} \alpha] \operatorname{tg} \varphi + (W + E_v) \operatorname{sen} \alpha + cB}{E_h \cos \alpha} \geq 1.5$$

donde:

W = Peso propio de la estructura. Depende de la sección del muro y del peso específico del relleno.

$$\gamma_g = \gamma_p(1 - n)$$

n = porcentaje de vacíos del gavión

γ_p = peso específico de la roca usada en el gavión

γ_g = peso específico del gavión

4.5.2 Verificación de la seguridad al vuelco

Para este chequeo se uso la formula siguiente:

$$\eta'' = \frac{M_r}{M_v} \geq 1.5$$

donde:

$M_r = Ws' + E_v s$; momento resistente siendo:

$$s' = X_g \cos \alpha + Y_g \operatorname{sen} \alpha \quad \gamma$$

$$s = B \cos \alpha - \frac{H}{3} \left(\frac{H + 3h_s}{H + 2h_s} \right) \operatorname{tg} \beta$$

$$M_v = E_h d; \text{ momento volcador}$$

4.5.3 Verificación de carga sobre el terreno

Para este chequeo se uso la formula siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{array} \right\} = \frac{N}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad \left(\text{para el caso de } e < \frac{B}{6} \right) \text{ t/m}^2$$

donde:

$N = (W + E_v) \cos \alpha + E_h \sin \alpha$ es la resultante de las fuerzas normales al muro y

$$e = \frac{B}{2} - \left(\frac{M_r - M_v}{N} \right), \text{ es la excentricidad resultante}$$

La excentricidad real será:

$$e' = \frac{B}{2} - e \quad \left(\text{para } e > \frac{B}{6} \right)$$

$$\sigma_1 = \frac{2N}{3e'} \quad (\text{t/m}^2)$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 \left(\frac{B - 3e'}{3e'} \right) \quad (\text{t/m}^2)$$

CAPITULO 5: DISEÑO

5.1 Criterios de diseño

Para el calculo y diseño de las pequeñas presas propuestas se utilizó el Software Gabions Wall Calculation GAWAC BR 2.0, por ser éste un Software especializado para este tipo de estructuras el cual se fundamenta en el principio de los diques de gravedad

En las obras propuestas se han considerado los siguientes criterios de diseño:

El espaciamiento entre las pequeñas presas propuesto se ha determinado en función de la pendiente de equilibrio que en ambos proyectos es de 5°.

La altura de las pequeñas presas está en función a la pendiente y la cantidad de flujos de lodo calculado para un año.

La cimentación de las estructuras está en función a las características de basamento geológico de la zona.

La longitud de las pequeñas presas está en función del ancho de la quebrada y de los niveles topográficos, que en conjunto con la pendiente del terreno aseguran el almacenamiento adecuado de los flujos de lodo.

- En el diseño de las pequeñas presas, siguiendo un criterio conservador se trabajo para determinar el espaciamiento horizontal entre las presas (en los planos de perfil topográfico de las microcuencas estudiadas) con un ángulo de sedimentación igual a 2.5° para permitir la corrección de la pendiente hasta llegar a la pendiente de estabilización.

5.1.1 Muros

En el diseño de los muros de las pequeñas presas se consideró piedra con un peso específico promedio de 2 TM/m^3 que es el peso específico del material que abunda en la zona.

- Para todas las pequeñas presas de mampostería de piedra se usó un

índice de vacíos de 25%, por tratarse de piedras de 20 a 30 cm de diámetro debidamente acomodadas y unidas con mortero de cemento.

- En las pequeñas presas de enrocado se utilizó un índice de vacíos de 35% por tratarse de rocas de mayor volumen y solamente acomodadas.

5.1.2 Terraplén

- En el terraplén se estimó una inclinación promedio de 5° en sentido antihorario de la superficie del terraplén; además, se estimó que estaría formado por material con peso específico que varía entre 1.7 a 1.5 TM/m³.
- El ángulo de fricción interno del suelo que forma el terraplén se consideró en 35°.
- Para las condiciones de diseño, se ha considerado una napa freática en el terraplén, con una altura igual a la de la corona del dique (caso más desfavorable en el análisis de cargas), lo cual ocurre cuando el flujo de lodos colmate la capacidad del dique.
- Para la superficie de fundación del terraplén se ha considerado una inclinación de 10° en el sentido antihorario, entre la superficie del suelo a la izquierda del muro y la horizontal. Se ha considerado que el peso específico de fundación es de 1.80 TM/m³ en promedio y que tendrá un ángulo de fricción interno de 32°.
- La presión máxima admitida por el suelo de fundación es de 40 TM/m².

5.2 CALCULOS DE DISEÑO PARA PEQUEÑAS PRESAS DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA DE 5 METROS DE ALTURA SIN VIA DE CIRCULACIÓN

5.2.1 ENTRADA DE DATOS

Hilera	Largo (m)	Altura (m)	Inicio (m)
1	5.00	1.00	
2	4.25	1.00	0.38
3	3.50	1.00	0.75
4	2.75	1.00	1.13
5	2.00	1.00	1.50

DATOS SOBRE EL MURO

Inclinación del muro (grados).....:	0.00
Peso esp. de la piedra (tf/m ³).....:	2.00
Indice de vacíos del gavión.....:	0.25
Geotextil en el terraplén.....:	No
Reducción de la fricción (%).....:	
Geotextil sobre la base.....:	No
Reducción de la fricción (%).....:	

DATOS GEOMETRICOS DEL TERRAPLEN

Inclinación del primer trecho (grados)..... :	5.00
---	------

Largo del trecho (m)	0.00
Inclinación del segundo trecho (grados).....	0.00

DATOS SOBRE EL SUELO DEL TERRAPLEN

Peso específico del suelo (tf/m ³)	1.70
Angulo de fricción interno (grados)	35.00
Cohesión (tf/m ²)	0.00

DATOS SOBRE LA NAPA FREATICA EN EL TERRAPLEN

Altura inicial (m)	5.00
Inclinación del primer trecho (grados).....	0.00
Largo del trecho (m)	
Inclinación del segundo trecho (grados).....	
Largo del trecho (m)	

DATOS GEOMETRICOS DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Profundidad de fundación de la base (m)	0.00
Inclinación del terreno cuesta abajo (grados).....	10.00

DATOS SOBRE EL SUELO DE FUNDACIÓN

Peso específico del suelo (tf/m ³)	1.80
Angulo de fricción interno (grados)	32.00
Cohesión (tf/m ²)	0.00
Máxima presión admisible para el suelo (tf/m ²)	40.00
Profundidad del nivel del agua (m).....	

5.2.2 RESULTADOS

ESTABILIDAD EXTERNA

Empuje activo (tf/m)..... :	20.91
Punto de aplicación referente al eje X (m)..... :	4.36
Punto de aplicación referente al eje Y (m)..... :	2.12
Inclin. del empuje con la horiz. (grados)..... :	51.70
Empuje pasivo (tf/m)..... :	0.00
Punto de aplicación referente al eje X (m)..... :	0.00
Punto de aplicación referente al eje Y (m)..... :	0.00
Inclin. del empuje con la horiz. (grados)..... :	-10.00

DESLIZAMIENTO

Fuerza Normal en la base (tf/m)..... :	42.66
Punto de aplicación referente al eje X (m)..... :	2.56
Punto de aplicación referente al eje Y (m)..... :	0.00
Fuerza Tangencial en la base (tf/m)..... :	12.96
Fuerza Resistente en la base (tf/m)..... :	26.66
Coeficiente de seguridad..... :	2.057

VOLCAMIENTO

Momento activo (tfm/m)..... :	27.48
Momento resistente (tfm/m)..... :	136.90
Coeficiente de seguridad..... :	4.981

PRESIONES ACTUANTES EN LA FUNDACIÓN

Presión en la izquierda (tf/m ²)..... :	7.87
Presión en la derecha (tf/m ²)..... :	9.19

Máxima presión admitida en la base (tf/m²)..... : 40.00

ESTABILIDAD GLOBAL

Distancia inicial a la izquierda (m)..... :
Distancia inicial a la derecha (m)..... :
Prof. Inicial con relación a la base (m)..... :
Máx. Prof. Permitida para el cálculo (m) :
Centro del arco con relación al eje X (m)..... : -0.27
Centro del arco con relación al eje Y (m)..... : 9.97
Radio del arco (m)..... : 11.32
Número de arcos estudiados : 43

Coeficiente de seguridad..... : 1.083

5.3 CALCULOS DE DISEÑO PARA PEQUEÑAS PRESAS DE ENROCADO DE 5 METROS DE ALTURA SIN VIA DE CIRCULACION

5.3.1 ENTRADA DE DATOS

Hilera	Largo (m)	Altura (m)	Inicio (m)
1	6.00	1.00	
2	5.00	1.00	0.50
3	4.00	1.00	1.00
4	3.00	1.00	1.50
5	2.00	1.00	2.00

DATOS SOBRE EL MURO

Inclinación del muro (grados)	0.00
Peso esp. de la piedra (tf/m ³)	2.00
Indice de vacíos del gavión	0.35
Geotextil en el terraplén	No
Reducción de la fricción (%)	
Geotextil sobre la base	Nc
Reducción de la fricción (%)	

DATOS GEOMETRICOS DEL TERRAPLEN

Inclinación del primer trazo (grados)	5.00
Largo del trazo (m)	0.00
Inclinación del segundo trazo (grados)	0.00

DATOS SOBRE EL SUELO DEL TERRAPLEN

Peso específico del suelo (tf/m ³)	1.50
Angulo de fricción interno (grados)	35.00

Cohesión (tf/m^2) : 0.00

DATOS SOBRE LA NAPA FREÁTICA EN EL TERRAPLEN

Altura inicial (m) : 5.00

Inclinación del primer tramo (grados)..... : 0.00

Largo del tramo (m) :

Inclinación del segundo tramo (grados)..... :

Largo del tramo (m) :

DATOS GEOMÉTRICOS DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Profundidad de fundación de la base (m) : 0.00

Inclinación del terreno cuesta abajo (grados)..... : 10.00

DATOS SOBRE EL SUELO DE FUNDACIÓN

Peso específico del suelo (tf/m^3) : 1.80

Ángulo de fricción interno (grados) : 32.00

Cohesión (tf/m^2) : 0.00

Máxima presión admisible para el suelo (tf/m^2) : 40.00

Profundidad del nivel del agua (m)..... :

5.3.2 RESULTADOS

ESTABILIDAD EXTERNA

Empuje activo (tf/m)..... : 22.97

Punto de aplicación referente al eje X (m)..... : 5.14

Punto de aplicación referente al eje Y (m)..... : 2.14

Inclin. del empuje con la horiz. (grados) : 56.80

Empuje pasivo (tf/m)..... : 0.00

Punto de aplicación referente al eje X (m)..... : 0.00

Punto de aplicación referente al eje Y (m)..... : 0.00

Inclin. del empuje con la horiz. (grados) : -10.00

DESLIZAMIENTO

Fuerza Normal en la base (tf/m)..... :	45.22
Punto de aplicación referente al eje X (m)..... :	3.30
Punto de aplicación referente al eje Y (m)..... :	0.00
Fuerza Tangencial en la base (tf/m)..... :	12.58
Fuerza Resistente en la base (tf/m)..... :	28.26
Coeficiente de seguridad..... :	2.247

VOLCAMIENTO

Momento activo (tfm/m)..... :	26.91
Momento resistente (tfm/m)..... :	176.34
Coeficiente de seguridad..... :	6.552

PRESIONES ACTUANTES EN LA FUNDACIÓN

Presión en la izquierda (tf/m ²)..... :	5.24
Presión en la derecha (tf/m ²)..... :	9.83
Máxima presión admitida en la base (tf/m ²)..... :	40.00

ESTABILIDAD GLOBAL

Distancia inicial a la izquierda (m)..... :	
Distancia inicial a la derecha (m)..... :	
Prof. Inicial con relación a la base (m)..... :	
Máx. Prof. Permitida para el cálculo (m)..... :	
Centro del arco con relación al eje X (m)..... :	0.72
Centro del arco con relación al eje Y (m)..... :	10.54
Radio del arco (m)..... :	11.79
Número de arcos estudiados..... :	45
Coeficiente de seguridad..... :	1.138

CAPITULO 6: CONCLUSIONES

Conclusiones y recomendaciones

Esta solución basado en un sistema de pequeñas presas es una solución adecuada para la realidad socioeconómica de la zona, se trata de pobladores que económicamente no pueden asumir la defensa de sus viviendas y propiedades ya de hecho peligrosamente mal ubicadas en las torrenteras de las quebradas analizadas.

La ejecución de estas obras no necesita de mano de obra altamente capacitada posibilitando el empleo de la población que en gran porcentaje se encuentra desocupada.

Los materiales e insumos necesarios para la ejecución de estas obras se pueden encontrar con gran facilidad y abundancia en las mismas quebradas

Hay que tener presente que las obras físicas son una parte de la solución del manejo de una cuenca hidrográfica, y las que demandan mayores esfuerzos económicos, teniendo una ventaja adicional en que sus resultados son inmediatos.

En general se llego a las conclusiones siguientes:

El tema ha tenido la amplitud y profundidad necesaria para constituir el objeto de trabajo del Informe de Ingeniería.

La aplicación de la metodología del Sistema de Información Geográfica fue exitosa, lo que permitirá su aplicación en investigaciones similares.

Apoyado en la información básica y los resultados obtenidos de los

estudios cartográficos, ecológicos, de zonas de vida, suelos y geología se estableció las microcuencas de mayor interés de carácter técnico, social y económico.

Basado en los principios de corrección de pendiente y estabilidad de taludes, se planteo el sistemas de pequeñas presas de enrocado para el control de los flujos de lodo.

Se desarrollo los aspectos teóricos de hidráulica , sobre las que se fundamenta las presas de gravedad de tipo mampostería de piedra y de enrocado, con la finalidad de plantear soluciones alternativas a la problemática de los huaycos.

Después del planeamiento del sistema de presas a que diera lugar las microcuencas de Quirio y Pedregal se dimensionaran estas para permitir la retencion del lodo, considerando magnitudes de avenidas de $18 \text{ m}^3/\text{seg}$ en la quebrada de Quirio y $18 \text{ m}^3/\text{seg}$ en la quebrada de Pedregal, correspondientes para un periodo de retorno de 2 años.

Retención de sedimentos, sabiendo que en un año o máximo en dos, las presas se colmatarán.

Detención de las paredes laterales de las quebradas, por medio del material sedimentado. Este efecto permitirá que se estabilicen los taludes y puedan cubrirse de vegetación natural.

Corrección de la pendiente, hasta llegar a la pendiente de estabilización, lo que permitirá regular la velocidad a valores menos agresivos, mitigando el arrastre de los sólidos del lecho tanto en tamaño como en cantidad.

Permitir la presencia de vegetación arbustiva que tenga raíces profundas, para que agarre los suelos sedimentados; lo cual, implica un

tiempo de 5 años de duración del proyecto. Se espera que en tres años se tengan agarres vegetativos de los sedimentos.

Como soluciones no estructurales se pueden indicar las siguientes:

Instalación de un sistema de alerta, que permita controlar los movimientos de las laderas, siguiendo normas técnicas de control existentes, así como establecer las autoridades que manejarían la información y la llevarían al público sin crear falsas alarmas ni pánico.

Instalación de un sistema hidrológico a tiempo real, para conocer los caudales en los puntos más críticos de la cuenca, por ejemplo en la Atarjea, Chosica, etc.