

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y  
METALURGICA**

**SECCION DE POST GRADO**



**TESIS**

**"FENOMENOS AMBIENTALES NATURALES Y SU  
INCIDENCIA EN LA ACTIVIDAD MINERA  
DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"**

PRESENTADA POR:

**AKIRA ROBERTO KOSAKA MASUNO**

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCION EN

MINERIA Y MEDIO AMBIENTE

**1998**

# **FENOMENOS AMBIENTALES NATURALES Y SU INCIDENCIA EN LA ACTIVIDAD MINERA DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

RESUMEN  
SUMMARY

## **CAPITULO I INTRODUCCION**

- I.1. Generalidades
- I.2. Objetivos
- I.3. Antecedentes
- I.4. Impacto Ambiental
- I.5. La Minería Peruana
- I.6. Los Desastres Naturales en Arequipa
- I.7. Metodología
- I.8. Agradecimiento

## **CAPITULO II NORMAS AMBIENTALES PARA LAS ACTIVIDADES MINERO ENERGETICAS**

- II.1. Constitución Política del Perú
- II.2. Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Decreto N° 613 (08-09-90)
- II.3. Ley del Consejo Nacional del Ambiente CONAM Ley N° 26410 (22-12-94)
- II.4. Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada Decreto Legislativo N° 757 (13-11-91)
- II.5. Código Penal D.L. N° 635 (08-04-91)
- II.6. Registro de Entidades Autorizadas a Realizar Estudios de Impacto Ambiental en el Sector Energía y Minas
- II.7. Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Minero Metalúrgicas.
- II.8. Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgico.
- II.9. Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Gases y Partículas para las Actividades Minero-Metalúrgicos.

## **CAPITULO III SISMICIDAD DE LA REGION AREQUIPA**

- III.1. Introducción
- III.2. Sismicidad Histórica
- III.3. Información Instrumental
  - III.3.1 Distribución Epicentral
  - III.3.2 Distribución Hipocentral
- III.4. Liberación de Energía
- III.5. Isosistas y Mapa de Máximas Intensidades
- III.6. Datos de la Red Regional de Estaciones Sismográficas
  - III.6.1 Resultados de las Campañas Sísmicas
- III.7. Mapa de Aceleraciones
- III.8. Cálculo del Riesgo Sísmico de Arequipa
- III.9. La Actividad Sísmica y la Estabilidad de Depósito de Relaves
  - III.9.1 Colapso de los Depósitos de Relave de Otapara (Acarí) por la Ocurrencia del sismo de noviembre de 1996
  - III.9.2 Comentario sobre los Riesgos Ambientales en Depósitos de Relaves por la Ocurrencia de Sismo

## **CAPITULO IV ASPECTOS CLIMATOLOGICOS**

- IV.1. Introducción
- IV.2. Mapa de Isoyetas
- IV.3. Estudio de la Cuenca del Río Quilca y Tambo
  - IV.3.1. Hidrografía de la Cuenca del Río Quilca
  - IV.3.2. Hidrología del Río Quilca
  - IV.3.3. Hidrografía de la Cuenca del Río Tambo
  - IV.3.4. Hidrología del Río Tambo
  - IV.3.5. Análisis de Elementos Meteorológicos
- IV.4. Estudio de la Cuenca del Río Majes
  - IV.4.1. Hidrología de la Cuenca del Río Majes
  - IV.4.2. Hidrología del Río Camaná-Majes
  - IV.4.3. Análisis de los Elementos Meteorológicos
- IV.5. Estudio de las Cuencas de los Ríos Atico, Caravelí y Ocoña
  - IV.5.1. Hidrografía de la Cuenca del Río Atico
  - IV.5.2. Hidrología del Río Atico
  - IV.5.3. Hidrografía de la Cuenca del Río Caravelí
  - IV.5.4. Hidrología del Río Caravelí
  - IV.5.5. Hidrografía de la Cuenca del Río Ocoña
  - IV.5.6. Hidrología del Río Ocoña
  - IV.5.7. Análisis de los Elementos Meteorológicos
- IV.6. Superficie Agropecuarias por Cuenca y Distrito

## **CAPITULO V**

### **ACTIVIDAD VOLCANICA EN EL SUR DEL PERU**

- V.1. Introducción
- V.2. El Volcán Sabancaya
  - V.2.1. Ubicación
  - V.2.2. Estructura
  - V.2.3. Evolución
  - V.2.4. Estado Actual
  - V.2.5. Riesgo Volcánico
  - V.2.6. Características Físicas
  - V.2.7. Actividad Fumarólica Actual
  - V.2.8. Breve Cronología de las Erupciones del Volcán Misti
  - V.2.9. Estudio Sísmico del Misti
  - V.2.10. Amenaza Volcánica en la Ciudad de Arequipa
- V.3. Volcán Sabancaya
  - V.3.1. Ubicación
  - V.3.2. Estructura
  - V.3.3. Evolución
  - V.3.4. Erupciones
  - V.3.5. Riesgo Volcánico
  - V.3.6. Campaña sísmica del Valle del Colca y del Volcán Sabancaya
- V.4. El Volcán Ubinas
  - V.4.1. Ubicación
  - V.4.2. Estructura
  - V.4.3. Evolución
  - V.4.4. Erupciones
  - V.4.5. Riesgo Volcánico

## **CAPITULO VI**

### **ASPECTOS AMBIENTALES DE LAS PRINCIPALES MINAS DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

- VI.1. Empresas Dedicadas a la Explotación del Oro
- VI.2. Provincia Metalogénica del Sector de Caylloma, Condesuyos y Castilla Alta
  - VI.2.1. Minas Arcata
  - VI.2.2. Minas Orcopampa
  - VI.2.3. Minas Caylloma
  - VI.2.4. Minas Ares
  - VI.2.5. Minas Madrigal

### **VI.3. Actividad Minera en la Provincia de Arequipa**

#### **VI.3.1. U.P. Cerro Verde**

#### **VI.3.2. Minerales No-Metálicos**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIA BIBLIOGRAFIA**

# **FENOMENOS AMBIENTALES NATURALES Y SU INCIDENCIA EN LA ACTIVIDAD MINERA DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

## **RESUMEN**

La base de la economía nacional se sustenta fundamentalmente en la explotación de los recursos naturales, entre ellas figura la minería, con la nuevas disposiciones en relación a la conservación ambiental la actividad minera debe observar rigurosamente todas sus operaciones en las diferentes fases para evitar o minimizar daños a los ecosistemas.

Por las condiciones tectónicas, climatológicas, volcanológicas, geológicas y geofísicas de nuestro territorio, estamos expuestos a la ocurrencia de fenómenos naturales, particularmente de eventos sísmicos, inundaciones, deslizamientos y procesos volcánicos eruptivos. A través de la historia se ha constatado que el Perú y sobre todo el Sur es una región susceptible a la generación violenta de éstos eventos.

El Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa dentro de sus fines y objetivos, en aproximadamente cuatro décadas se ha ocupado de los fenómenos geofísicos y de los procesos geodinámicos. El presente estudio tiene como meta utilizar toda la información disponible, para determinar el riesgo y la vulnerabilidad de las principales áreas que ocupan los diferentes asientos mineros, adicionalmente se han realizado evaluaciones objetivas de los centros de producción minera sobre los procedimientos y estado en que se encuentran los aspectos ambientales.

Se ha logrado precisar que las zonas vulnerables a los eventos sísmicos son los asientos mineros ubicados fundamentalmente en la zona cercana a la costa, a esto se suma la falta de condiciones favorables tanto técnicas y físicas en que se desarrolla la actividad minera. En relación a los procesos volcánicos la peligrosidad se circunscribe a las localidades vecinas a los volcanes Misti, Ubinas y Sabancaya. Mientras que los problemas de deslizamientos e inundaciones afectarían especialmente a las partes altas de Arequipa por la condiciones geológicas y la intensidad de las precipitaciones.

En el sur del Perú hemos tenido experiencias recientes en relación a efectos negativos en la actividad minera por la ocurrencia de

fenómenos naturales, entre los que podemos mencionar el desplome de depósitos de relaves por la manifiesta inestabilidad sísmica tanto en Acarí y Chala a raíz del sismo de noviembre de 1996, así como inundaciones y avalanchas ocurrido en las Minas Madrigal y en las Minas Ocoña en el presente año.

## **SUMMARY**

The foundation of the national economy is supported by the exploitation of natural resources, for instance mining. With the new laws about conservation of the environment mining activities have to rigorously observe all operations at each of the different levels to avoid or minimize damage to the ecosystem.

Because of the tectonic, climatic, volcanic, geological and geophysical conditions in our country we are exposed to natural phenomena, especially of the seismic kind but also floods, landslides, and volcanic eruptions. By looking back into Peru's history, it can be seen that Peru and above all the south of Peru is susceptible to these violent events.

The Geophysics Institute of the San Agustin University has over approximately four decades, been concerned with geophysical phenomena and geodynamic problems. This study aims to use all available information in order to determine the risk and vulnerability of the main mining towns. In addition, objective evaluations have been carried out to check on proceedings and the state of the mining production centres environment.

It has been possible to determine that the zones vulnerable to seismic events are the mining towns located mainly in coastal areas. Together with this, there is the problem of the poor technical and physical conditions of the mining industry. As far as volcanic processes we concerned, the danger areas are to be found in the vicinities of the Misti, Ubinas and Sabancaya volcanoes. In contrast, landslides and floods especially effect the higher areas of Arequipa because of the geological conditions and the heavy rainfall.

In the south of Peru we have recently experienced problems in the mining industry because of the natural phenomena. Examples of this include the collapse of tailings deposits due to seismic instability in both Acari and Chala caused by the earthquake in November 1996 and floods and avalanches this year in the Madrigal Mines.



## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

#### **I.1. GENERALIDADES**

Históricamente la industria minera ha sido factor fundamental para el desarrollo de la humanidad, en la actualidad muchas industrias dependen del suministro continuo de minerales y metales para seguir operando. Aún con los grandes avances tecnológicos que se han introducido en las diferentes operaciones mineras todavía se mantiene algunos problemas en cuanto a la productividad, seguridad y conservación del medio ambiente. A partir de una nueva política minera y la aplicación de tecnología de avanzada han permitido ampliar las reservas e incrementar la producción.

Los resultados del programa económico, permitirá una consolidación económica paulatina que se está logrando a través de un proceso de estabilización, reinserción en el sistema financiero y la pacificación nacional. El Perú se encuentra adecuándose para lograr una posición competitiva para recibir inversiones en minería, simplificando el acceso y ofreciendo garantías en condiciones administrativas y tributarias promocionales.

Arequipa, sustenta su desarrollo económico a través de la agricultura, minería, ganadería y otras actividades. Sin embargo, existen algunos factores que influyen en el desarrollo socioeconómico, siendo uno de ellos la falta de un programa de desarrollo sostenible donde debe involucrarse entre otras cosas la contaminación ambiental que afecta a nuestro ecosistema.

#### **I.2. OBJETIVOS**

La minería es una de las actividades productivas más importantes en la que se sustenta la economía regional y nacional, por ello, debemos considerar un manejo ambiental adecuado que permitirá un desarrollo sostenible de las otras actividades, para lo cual se requiere de la implementación de una política firme y coherente en la conservación ambiental. Por tanto, el presente estudio pretende presentar los principales fenómenos naturales que ocurren y cual es el grado de peligrosidad de los mismos en las diferentes localidades del ámbito regional y el grado de vulnerabilidad de los diferentes asientos mineros de la región. Asimismo, se desea mostrar el nivel de adecuación a las normas legales de algunas

minas, en base a una evaluación y análisis de los diferentes parámetros.

### **I.3. ANTECEDENTES**

La política del sector Energía y Minas, establece un modelo de desarrollo acorde con la protección ambiental, la explotación racional de los recursos naturales y la urgente necesidad del desarrollo económico.

La ocurrencia de fenómenos naturales en el Perú y particularmente en el sur de nuestro territorio, en lo que se refiere a sismos, inundaciones, procesos volcánicos y otros es de alta incidencia y peligrosidad sobre todo el primero de los nombrados. La actividad minera no se encuentra excluida a los embates de la naturaleza, fundamentalmente derivado de las condiciones geológicas, geofísicas, geográficas y topográficas en la que se desarrollan y que los hace sumamente vulnerables, adicionalmente por el tipo de industria es susceptible a generar contaminación ambiental.

Los desastres naturales a través de la historia han causado dolorosas pérdidas de vidas humanas y materiales, ocasionando perjuicios económicos y retraso en el desarrollo. Tenemos experiencias recientes a nivel de Arequipa como los terremotos de los años de 1958, 1960, 1979 y últimamente en noviembre de 1996 ocurrió un terremoto en Nazca, cuyos efectos fueron devastadores en los pueblos cercanos al epicentro, derivado fundamentalmente de la precariedad de las construcciones, además se ha constatado que este evento causó efectos importantes en algunos asientos mineros ubicados en las localidades de Acarí, Nazca y Chala, debido al desplome y colapso de depósitos de relaves.

En el presente año debido al fenómeno de El Niño, sus efectos aún cuando no fue de gran magnitud en el sur del Perú, sin embargo, en el departamento de Arequipa tuvo un impacto de gran severidad en algunos asientos mineros como las de San Juan de Churunga, Madrigal, etc., donde se han registrado pérdidas de vidas humanas y materiales, debido a las inundaciones y avalanchas.

En relación a la actividad volcánica en el sur de nuestro territorio, existe un riesgo relativamente moderado derivado de su focalización y por las características de su actividad, a nivel de Arequipa existen áreas plenamente identificadas así como su nivel de peligrosidad. En los tiempos recientes tenemos una experiencia importante con el volcán Sabancaya que puso en peligro a algunas localidades y proyectos de desarrollo, entre los años de 1990 a 1996.

El análisis y evaluación de estos eventos naturales han sido siempre preocupación de instituciones nacionales e internacionales y en particular del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, los diversos fenómenos naturales que se presentan a nivel del sur del Perú siempre han sido abordados con la finalidad de entender sus causas, su distribución y su ocurrencia, esto es, con el propósito de minimizar sus efectos y particularmente evitar pérdidas de vidas humanas y materiales. Por ello, el presente estudio está orientado a evaluar que zonas o áreas son vulnerables a los diferentes tipos de eventos señalados.

Además, se presentará algunas evaluaciones que nos hemos permitido realizar con la finalidad de que se tomen las medidas correctivas del caso en beneficio de la conservación ambiental. Al respecto creemos entender como cualquier actividad económica, a las empresas les asiste el derecho de la confidencialidad, por ello, con la ponderación del caso nos permitimos introducir algunos resultados que se han obtenido en ciertas áreas para que se tomen justamente las medidas correctivas del caso.

#### **I.4. IMPACTO AMBIENTAL**

La evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados a un proyecto minero, es con la finalidad de identificar las diferentes medidas para mitigar y/o minimizar los posibles daños al ecosistema. Estos pueden ocasionar cambios socio-económicos en una determinada comunidad, impactos en la calidad del agua, aire y suelo aún en lugares fuera del área del asiento minero.

Para la determinación de las condiciones ambientales del proyecto es necesario obtener datos sobre la calidad del aire, la geología, calidad de los suelos, recursos hídricos superficiales y subsuperficiales y la infraestructura general del proyecto y de los ya existentes en las áreas vecinas al proyecto, así como de información adicional que permita un control efectivo de la contaminación ambiental.

Los impactos a la calidad del aire se originan por las partículas transportadas por el viento resultantes de voladuras, excavaciones, remoción de tierra, transporte, transferencia de material y de otras operaciones superficiales; además se adiciona a la contaminación el producto de las emisiones gaseosas proveniente de la combustión de los equipos diesel.

Las características del lecho de roca, el suelo y desmonte deben ser analizados y evaluados debidamente para una mejor comprensión de la geología del área. Asimismo, es necesario conocer con

profundidad parámetros geofísicos y geológicos para lograr determinar el tipo de diseño y construcción de la infraestructura minera y las medidas a adoptarse para proporcionar mayor seguridad a las diferentes operaciones establecidas. Adicionalmente es importante determinar el potencial de descarga y difusión de los contaminantes producidos por la actividad minera.

El tema principal del presente estudio está relacionado directamente con los fenómenos sísmotectónicos del Sur del Perú, los aspectos volcanológicos se circunscriben a algunas áreas cercanas a volcanes activos donde muestran peligrosidad para ciertas localidades, así como las inundaciones y avalanchas que en nuestra región tiene una incidencia importante. De ésta información se podría deducir las medidas a tomarse tanto para proyectos nuevos como para los ya existentes. Los parámetros que se deben determinar en el caso de la sismicidad es la probabilidad de ocurrencia, período medio de retorno, la aceleración máxima, antecedentes históricos, etc. en el caso de los procesos volcánicos y de avalanchas e inundaciones deben elaborarse mapas de riesgo, mediante estudios previos del nivel de actividad de los volcanes, volumen del casquete de hielo, nivel de precipitación, topografía y geomorfología entre otros, todo ello, con la finalidad de darle mayor seguridad al proyecto, y así evitar daños y accidentes que ocasionen pérdidas humanas y materiales, así como la contaminación ambiental.

Para la preservación de los suelos en la vecindad del proyecto minero es necesario identificar los tipos y sus características y estimar el potencial de erosionabilidad y producción. El recurso hídrico constituye una categoría ambiental compleja y dinámica que requiere especial atención para establecer las condiciones originales. La información tanto cualitativa como cuantitativa permitirá de manera adecuada programar el uso de los recursos hídricos y los impactos potenciales. Con la finalidad de diseñar y evaluar los impactos del proyecto en aguas superficiales se requiere de información sobre los modelos de drenaje existentes dentro y en los alrededores del proyecto, asimismo es importante la recopilación de la información de todos los cuerpos de agua superficial que pueden ser impactados por las actividades del proyecto o en el caso de la ocurrencia de un fenómeno natural de gran magnitud como las inundaciones.

El potencial de inundación de una área donde se desarrolla una actividad minera puede determinarse a partir de los registros históricos de las estaciones meteorológicas, mediante la información de flujo en términos de valores máximo, medio y

mínimo. En este sentido la ubicación de las diferentes infraestructuras también dependerá de las condiciones geológicas y topográficas del área, esto proporcionaría mayor seguridad a las operaciones mineras y a sus trabajadores.

En relación a las aguas subterráneas, debe considerarse su localización, profundidad, interacción con las aguas superficiales, calidad, movimiento y uso de las aguas subterráneas, todos estos parámetros permitirá diseñar a través de las investigaciones hidrogeológicas el manejo adecuado de las operaciones mineras para no contaminar dichas aguas.

La política ambiental del sector Energía y Minas, consiste en el establecimiento de un modelo de desarrollo sostenible, acorde con la protección del medio ambiente, la urgente necesidad de desarrollo económico y la explotación racional de los recursos naturales. Las empresas están obligados a desarrollar su actividad con sistemas, métodos y técnicas sujetas a las normas de seguridad, higiene y saneamiento industrial.

La adecuación al modelo de desarrollo sostenible se realizará cumpliendo con niveles de emisión compatibles con límites aceptados internacionalmente, para emisiones de efluentes líquidos y gaseosos. ✓

Objetivamente la actividad minera tiene sus focos potenciales de contaminación en las aguas ácidas y otros, la magnitud dependerá de las condiciones mineralógicas y de los factores físicos. Estas aguas pueden provocar modificaciones en los componentes físicos y químicos de los medios acuáticos provocando daños a la comunidad biótica, asimismo, estos se tornan inservibles para el consumo humano y actividades agropecuarias.

Por ello, en todas las operaciones mineras deberán observarse normas y procedimientos que propendan a minimizar los daños ambientales, responsabilidad que debe asumir la Empresa bajo el control y fiscalización del Estado.

## **I.5. LA MINERÍA PERUANA**

La actividad minera es una fuente importante para el desarrollo de nuestra nación, es deseable que esta actividad siga creciendo y sea optimizada al máximo nivel en todas sus formas empresariales. Para ello, es necesario la ejecución de soluciones integrales a largo plazo y permitan el bienestar social y económico para el Perú.

La producción minera puede incrementarse notablemente en los próximos años cuando se inicie la producción de otros yacimientos que se encuentran en la fase exploratoria y de desarrollo, además si se logra incrementar la productividad de la minería artesanal. El auge de la minería peruana se basa en tres factores principales, una de ellas debido a la abundancia de recursos minerales que aún se encuentran inexplorados; el siguiente es por la voluntad y laboriosidad de nuestros trabajadores mineros y finalmente por un adecuado marco legal.

Para posibilitar un mejor desarrollo de la actividad minera y que ésta actividad forme parte de una verdadera base para el desarrollo económico de la nación, creemos necesario que el estado debe lograr articular una política adecuada para tal fin, es decir, facilitar con dispositivos legales las inversiones que requiere el desarrollo de cada proyecto minero.

**Seguidamente se presenta las empresas productivas de sustancias metálicas y no metálicas, las plantas de beneficio y los proyectos de inversión y estudio en el Departamento Arequipa.**

### **CUADRO N° 1**

#### **EMPRESAS PRODUCTIVAS DE SUSTANCIAS METALICAS Y NO METALICAS DE AREQUIPA**

<b>ORO</b>		
<b>EMPRESA MINERA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DISTRITO</b>
MINAS ARIRAHUA S.A.	U.P. BARRENO	YANAQUIHUA
INVERSIONES MRAS. DEL SUR S.A.	CARABELI	CARAVELI
MRA. AURIF. CALPA S.A.	CALPA	CARAVELI
MINAS OCOÑA S.A.	SAN JUAN DE CHORUNGA	RIO GRANDE

<b>COBRE</b>		
SOC MRA. CERRO VERDE S.A.	U.P. CERRO VERDE	SOCABAYA
MINAS EL AGUILAR SRL.	PADRE URRACA N° 1	COCACHACRA

<b>POLIMETALICOS</b>		
<b>EMPRESA MINERA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DISTRITO</b>
MINAS DE ARCATA S.A	ARCATA "A"	CAYARANI
CIA DE MINAS ORCOPAMPA	ORCOPAMPA	ORCOPAMPA
CIA MRA DE CAYLLOMA S.A.	SANDRA A	CAYLLOMA
CIA MRA DE CAYLLOMA S.A.	CAYLLOMA	CAYLLOMA

<b>NO METALICOS</b>		
<b>EMPRESA MINERA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DISTRITO</b>
CEMENTOS YURA S.A.	CHILI N° 1	YURA
CIA MRA AGREGADOS CALCAREOS.SA.	SIPINA	CAMANA

## CUADRO N° 2

### RELACION DE PLANTAS DE BENEFICIO

<b>EMPRESA MINERA</b>	<b>PLANTA</b>	<b>DISTRITO</b>
MRA PERLA S.A.	ACARI	ACARI
MRA LAYTARUMA S.A.	LAYTARUMA	JAQUI
CIA MRA CARAVELI S.A	CHACCHUILLE	HUANUHUANU
ALVAREZ SANEZ,CLAUDIO	LA CAPITANA	HUANUHUANU
CIA MRA EL MADRIGAL	MADRIGAL	MADRIGAL
CIA MRA SANTA KAME S.A	JURURO	ATIQUIPA
MRA BELEN S.A	BELEN	CHALA
INVERSIONES MRAS.DEL SUR S.A.	ISHIHUINCA	CARAVELI
AURIF. CHALA S.A.	QUEBRADA HONDA	CARAVELI
CIA MRA.AURIF.BONANZA S.A.	LA ESPERANZA DEL INCA P.I	CARAVELI
CEMENTOS YURA S.A.	REHABILITACION 13	YURA
CIA MRA UBINAS S.A.	UBINAS	SAN JUAN DE TARUCANI
SOC MINERA CERRO VERDE S.A.	CERRO VERDE	UCHUMAYO
CIA DE BOROS Y DERIVADOS S.A.	UCHUMAYO	UCHUMAYO
MINAS DE COBRE DE CHAPI S.A.	MICOCHA	POLOBAYA
MRA. AURIFERA CALPA S.A.	CALPA	ATICO

### CUADRO N° 3

#### PROYECTO DE INVERSION Y PROYECTO EN ESTUDIO

PROYECTO	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE DE LA EMPRESA	ETAPA	SUSTANCIA
HUAYLLURA	72-47-53	14-58-05	SIMSA/MILPO/BTX	EXPLORACION	Au
SANTO DOMINGO	72-36-55	14-43-09	HOCHSHIKD	EXPLORACION	Au, Ag
LEVIATAN	71-50-46	14-38-50	MILPO S.A.	EXPLORACION	Cu
EL DORADO	72-46-09	15-17-15	SIMSA/MILPO/BTX	EXPLORACION	Au
ONTACOTA	71-58-50	15-24-49	SIMSA/MILPO/BTX	EXPLORACION	Au
TUYUMINA	71-56-41	15-29-01	RIO AMARILLO MINING LTD	EXPLORACION	Au, Cu
JAQUI	74-26-54	15-29-29	CENTROMIN PERU S.A.	EXPLORACION	Au
ESPERANZA 21	73-55-58	15-39-20	CIA MRA. MILPO S.A	EXPLORACION	Au, Cu
TINORAY	73-35-19	15-41-57	CENTROMIN PERU S.A.	EXPLORACION	Au
PAUCARAY	73-57-45	15-35-58	CENTROMIN PERU S.A.	EXPLORACION	Au
REPARTICION	73-43-10	15-52-51	CENTROMIN PERU S.A.	EXPLORACION	Au
JARAHUALI	73-44-17	15-37-36	CENTROMIN PERU S.A	EXPLORACION	Au
ACHANIZO	73-53-53	15-48-38	ALTAI RSC.INC.	EXPLORACION	Au, Cu
MARCAHUI	73-39-48	15-33-00	PERUVIAN GOLD LTD	EXPLORACION	Au
TERENISO	73-25-14	15-35-27	PERUVIAN GOLD LTD	EXPLORACION	Au, Cu
MISHKI	73-12-00	15-59-00	SUNSHINE MINING & REFINING CO	EXPANSION	Au
ISHIHUINCA	73-27-16	15-46-16	BUENAVENTURA	EXPANSION	Au
BOMBON	73-27-35	15-45-36	RIO AMARILLO MINING LTD	EXPLORACION	Au
ARIRAHUA	72-56-20	15-39-38	GRUPO GUBBINS	ESTABILIZADA	Au
PALLACOCAS	72-47-18	15-37-46	MINERA SAN JOSE-BARRICK GOLD CORP	EXPLORACION	Au
PAULA 49	72-09-00	15-33-07	SIMSA MILPO-CEDIMIN-BUENAVENTURA	EXPLORACION	Au
ORCOPAMPA	72-19-45	15-16-12	BUENAVENTURA	EXPLORACION	Au
LA VENTANA	72-11-27	15-35-23	AREQUIPA RSC. LTD	EXPLORACION	Cu, Mo
PUQUIO	74-15-47	15-35-00	MRA ANACONDA S.A/ANTOFAGASTA HO	EXPLORACION	Ag, Au



LOS ALCES	72-06-43	16-14-22	BRITANNIA GOLD CORP	EXPLORACION	Au
ROSA MARIA	71-44-13	16-15-12	TECK. INV. MINERAS	EXPLORACION	Au, Cu
LOS PINOS	71-37-34	16-29-50	ASARCO INC.	EXPLORACION	Cu
CERRO VERDE	71-37-00	16-32-00	CYPRUS-AMAX	EXPANSION	Cu
SURESTE	71-50-16	16-45-16	GRUPO HOCHSCHILD	EXPLORACION	Au
MEDALLA MILAGROSA	71-25-12	16-32-25	RIO AMARILLO MINING LTD	EXPLORACION	Cu
SAN JOSE	71-26-51	16-42-04	AREQUIPA RESOURCES INC	EXPLORACION	Cu
MULLACOLLO	71-24-26	16-43-55	COMINCO LTD	EXPLORACION	Au
PROYECTO SUR	71-12-53	16-46-21	CYPRUS-AMAX MRAL.CO	EXPLORACION	Cu
CHAPI	71-23-12	16-40-50	PHELPS DODGE/MILPO	EXPLORACION	Au
LOS CALATOS	70-36-32	16-57-10	AREQUIPA RSC LTD	EXPLORACION	Cu

La actividad minera sin control trae como consecuencia daños, transformaciones y perturbaciones en su entorno tanto en las aguas superficiales, subsuperficiales, en el suelo y en el aire. Todos estos elementos sufren efectos contaminantes de las actividades mineras y de otras industrias cuando no se cuenta con programas de conservación implementados adecuadamente.

La presencia de minerales pesados y otros elementos o compuestos en el ambiente, con niveles mayores a lo permisible afectan a los seres vivos, cada elemento nocivo actúa en el caso del hombre sobre determinados órganos, que a la postre perjudican su normal desarrollo.

## **I.6. LOS DESASTRES NATURALES EN AREQUIPA**

Los desastres naturales a través de la historia han sido causante de pérdidas de vidas humanas y de destrucción, ocasionando perjuicios económicos y retraso en su desarrollo. Arequipa debe constituirse en un importante polo de desarrollo comercial e industrial, a través de una planificación coherente.

Tenemos la experiencia a través de la historia reciente de la región la ocurrencia de sismos destructores como los de 1958, 1960 y 1979 así como intensas precipitaciones que dieron lugar a inundaciones y otros eventos conexos que podrían incidir en el

desarrollo de la actividad minera, el riesgo volcánico en la Región Sur podría tener alguna implicancia en algunos sectores en que eventualmente podría involucrar a algunos asentamientos mineros de ocurrir un fenómeno mayor ya sea en forma directa o indirecta.

En conclusión la proyección de una evaluación detallada de la ocurrencia de fenómenos naturales permitirá tomar medidas adecuadas de prevención y mitigación en las diferentes labores de la actividad minera, ello con la finalidad de asegurar el normal funcionamiento y disminuir los riesgos de contaminación ambiental.

## **I.7. METODOLOGIA**

Por el incremento de la explotación minera, la apertura de nuevos prospectos y el crecimiento y desarrollo de zonas urbanas está trayendo consigo perturbaciones en los ecosistemas. Por tal razón, es necesario que las empresas a través de las normas y reglamentaciones tomen las medidas pertinentes en lo que se refiere a la conservación ambiental, acciones que permitan seguridad en todas las operaciones mineras y sistemas adecuados de disposición de relaves y desechos en general.

La política ambiental del Estado debe cumplirse a partir de un control y fiscalización rigurosa de toda la actividad minera, esto conllevaría a la prevención o en todo caso a la minimización de daños al ecosistema, toda acción debe orientarse a la conservación ambiental, el mejoramiento del entorno natural, el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la preservación de la diversidad genética y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Para cumplir con los objetivos del estudio se analizará todos los trabajos realizados por el Instituto Geofísico de la UNSA en materia de la ocurrencia de fenómenos naturales en la Región de Arequipa, adicionalmente se reforzará éstos estudios actualizando la información, y realizando otras investigaciones complementarias, con la finalidad de adecuarlos a los objetivos del presente estudio.

Asimismo, a través de la recolección de información de campo, se analizará que nivel de contaminación se presenta en las principales cuencas, para ello se utilizará los laboratorios y las facilidades que brinda para tal efecto la Universidad de San Agustín, adicionalmente se efectuará una evaluación de cada uno de los asentamientos mineros más importantes y representativos de la región estos es, con la finalidad de ver que riesgos existen y que medidas

se han tomado en lo que respecta a la prevención de la contaminación ambiental.

### **I.8. AGRADECIMIENTO**

Un profundo reconocimiento a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, por permitirme realizar la Maestría de Minería Y Medio Ambiente. A los señores docentes de la Sección de Postgrado por sus enseñanzas y particularmente a los Profesores Pedro Hugo Tumialán y Atilio Mendoza por la orientación importante en la elaboración de la tesis. Asimismo, a los Ingenieros Victor Aguilar P.y Javier Ticona P. compañeros del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín, por la valiosa colaboración prestada.

## CAPITULO II

### NORMAS AMBIENTALES PARA LAS ACTIVIDADES MINERO ENERGETICAS

#### II.1. CONSTITUCION POLITICA DEL PERU

La Normatividad sobre asuntos ambientales se presenta inicialmente en la Constitución Política del Perú de 1979, que en su artículo N° 123 establece:

**" Todos tienen el derecho de habitar en ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente. Es obligación del Estado prevenir y controlar la contaminación ambiental"**

En la Constitución Política del Perú de 1993 también establece este concepto , y es ratificada en el referéndum del 31 de diciembre de 1993 y promulgada el 29 de diciembre de dicho año , en su artículo 2 inciso 22 señala que **" Toda persona tiene derecho a: La paz , tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida"**. Asimismo, en el; Título III del Régimen Económico, Capítulo II del Ambiente y los Recursos Naturales, se precisa sobre las responsabilidades que tiene el Estado sobre las conservación del ambiente y los recursos naturales.

**Artículo 66.-** Los recursos naturales, renovables y no renovables , son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.

**Artículo 67.-** El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

**Artículo 68.-** El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

#### II.2.CODIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

**DECRETO LEGISLATIVO N° 613 ( 08-09-90 )**

**Los principios básicos que contempla el presente código son:**

1. El principio del contaminador pagador

2. La obligación de presentar estudios de impacto ambiental para cada operación nueva.
3. El de la participación ciudadana.

### **Titulo Preliminar**

**I.** Toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente.

Es obligación del Estado mantener la calidad de vida de las personas a un nivel compatible con la dignidad humana. Le corresponde prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueda interferir en el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad. Las personas están obligadas a contribuir y colaborar inexcusablemente con estos propósitos.

**II.** El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio común de la Nación. Su protección y conservación son de interés social y pueden ser invocados como causa de necesidad y utilidad públicas.

**III.** Toda persona tiene derecho a exigir una acción rápida y efectiva ante la justicia en defensa del medio ambiente y de los recursos naturales y culturales.

Se puede interponer acciones, aún en los casos en que no se afecte el interés económico del demandante o denunciante. El interés moral autoriza la acción aún cuando no se refiera directamente al agente o a su familia.

**IV.** El territorio de la República comprende a su patrimonio ambiental.

**(DEROGADO)**

**V.** Son actividades ilegales, violatorias de los derechos a la salud y a un medio ambiente saludable, los movimientos transfronterizos de residuos o desechos.

**VI.** Toda persona tiene el derecho de participar en la definición de la política y en la adopción de las medidas de carácter nacional, regional y local relativas al medio ambiente y a los recursos naturales. De igual modo, a ser informada de las medidas o

actividades que puedan afectar directa o indirectamente la salud de las personas o de la integridad del ambiente y los recursos naturales.

Todos están obligados a proporcionar a las autoridades las informaciones que éstas requieran en el ejercicio de sus atribuciones para el control y vigilancia del medio ambiente.

**VII.** El ejercicio del derecho de propiedad, conforme al interés social, comprende el deber del titular de actuar en armonía con el medio ambiente.

**VIII.** Es deber del Estado formar conciencia acerca de la importancia del medio ambiente, promoviendo la transmisión de los conocimientos, el desarrollo de las habilidades y destreza y la formación de valores, en torno de los procesos ecológicos esenciales, los sistemas vitales de la diversidad biológica

**IX.** Ninguna consideración o circunstancia pueden legitimar o excusar acciones que pudieran implicar el exterminio de especies o subespecies vegetales o animales.

**X.** Las normas relativas a la protección y conservación del medio ambiente y sus recursos son de orden público.

**XI** El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la preservación de la diversidad genética y la utilización sostenida de las especies, de los ecosistemas y de los recursos naturales renovables en general, es de carácter obligatorio.

La utilización de los recursos naturales no renovables debe efectuarse en condiciones racionales y compatibles con la capacidad de depuración o recuperación del ambiente y de regeneración y los recursos naturales.

## **CAPITULO XV DE LA PREVENCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES**

**Artículo 91.-** Todas las entidades nacionales, públicas y privadas, personas naturales y jurídicas, están obligadas a participar en la prevención y solución de los problemas producidos por los desastres naturales.

**Artículo 92.-** Es responsabilidad del Estado a través del Sistema Nacional de Defensa Civil, coordinar con los sectores público y privado, la formulación, ejecución y actualización de los planes respectivos para afrontar desastres naturales o inducidos, que puedan producirse en cualquier área del país, así como la ejecución de acciones orientadas a la atención y rehabilitación de las áreas afectadas.

**Artículo 93.-** Los medios de comunicación social del Estado y privados, programarán espacios gratuitos para la difusión de los mecanismos que orienten a la población en acciones de defensa civil.

**Artículo 94.-** El sector educación incluirá dentro de los planes y programas educativos, contenidos teóricos y prácticos de defensa civil, en coordinación con el organismo competente encargado de la prevención de desastres del Sistema Nacional de Defensa Civil.

**Artículo 95.-** Todo centro de trabajo y estudios debe permitir, facilitar y desarrollar los programas de capacitación y prácticas de evacuación que establezca el Sistema Nacional de Defensa Civil.

### **II.3. LEY DEL CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE CONAM LEY N° 26410 (22-12-94)**

Mediante esta Ley se creó el Consejo Nacional del Ambiente, señalando en dicha Ley sus objetivos, funciones y estructura orgánica funcional.

#### **CAPITULO I**

**Artículo 1.-** Crease el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) como organismo descentralizado, con personería jurídica de derecho público interno, con autonomía funcional, económica, financiera, administrativa y técnica, que depende del Presidente del Consejo de Ministros. Su sede es la ciudad de Lima.

**Artículo 2.-** El CONAM es el organismo rector de la política nacional ambiental. Tiente por finalidad planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación.

La política nacional en materia ambiental que formula el CONAM, es de cumplimiento obligatorio.

### **Artículo 3.- Son objetivos del CONAM.**

- a) Promover la conservación del ambiente a fin de coadyuvar al desarrollo integral de la persona humana sobre la base de garantizar una adecuada calidad de vida.
- b) Propiciar el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico, el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación del ambiente.

## **II.4. LEY MARCO PARA EL CRECIMIENTO DE LA INVERSION PRIVADA**

### **DECRETO .LEGISLATIVO N° 757 (13-11-91)**

Este Decreto permite ordenar los sistemas de control ambiental, asimismo brinda las facilidades necesarias a la inversión privada y otorga seguridad jurídica a los inversionistas e incentivar un modelo de desarrollo que armonice la inversión productiva con la conservación ambiental.

### **TITULO I DE LOS ALCANCES DE LA LEY**

**Artículo 1.-** La presente Ley tiene por objeto garantizar las libres iniciativas y las inversiones privadas , efectuadas o por efectuarse, en todos los sectores de la actividad económica y en las cualesquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las leyes

Establece derechos, garantías y obligaciones que son de aplicación a todas las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que sean titulares de inversiones en el país. Sus normas son de observancia obligatoria por todos los organismos del Estado, ya sea del Gobierno Central, Gobiernos Regionales o locales, a todo nivel.

## **II.5. CODIGO PENAL Decreto Legislativo N° 635 (08/04/91)**

### **TITULO XIII CAPITULO UNICO**

#### **DELITOS CONTRA LA ECOLOGIA**

**Artículo 304:** El que, infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos ,



líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causan o pueden causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna, recursos hidrobiológicos, será reprimido con pena privativa de la libertad no menor de uno ni mayor de tres años o con ochenta o trescientos sesenta y cinco días multa.

Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de un año o prestación de servicio comunitario de diez a treinta jornadas.

**Artículo 305:** La pena será privativa de la libertad no menor de dos ni mayor de cuatro años y con trescientos sesenta y cinco a setecientos treinta días multa cuando

1. Los actos previstos en el artículo 304 ocasionan peligro para la salud de las personas o para sus bienes.
2. El perjuicio o alteración ocasionados adquieren un carácter catastrófico.
3. El agente actuó clandestinamente en el ejercicio de su actividad.
4. Los actos contaminantes afectan gravemente los recursos naturales que constituyen la base de la actividad económica.

Si, como efecto de la actividad contaminante, se producen lesiones graves o muerte, la pena será:

- Privativa libertad no menor de tres ni mayor de seis años y de trescientos sesenticinco a sesenta y cinco días multa, en el caso de lesiones graves.
- Privativa de libertad no menor de cuatro ni mayor de ocho años y de setecientos treinta a mil cuatrocientos sesenta días multa, en caso de muerte.

**Artículo 306:** El funcionario público que otorga licencia de funcionamiento para cualquier actividad industrial o el que, a sabiendas, informa favorable para su otorgamiento sin observar las exigencias de las leyes y reglamentos sobre protección del medio ambiente, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años e inhabilitación de uno a tres años, conforme al artículo 36, inciso 1, 2 y 4.

**Artículo 307:** El que deposita, comercializa o vierte desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección del medio ambiente, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de dos años.

Cuando el agente es funcionario o servidor público, la pena será no menor de uno ni mayor de tres años, e inhabilitación de uno a dos años conforme al artículo 36, inciso 1, 2 y 4.

Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de un año.

Cuando el agente contraviene leyes, reglamentos o disposiciones establecidas y utilice los desechos sólidos para la alimentación de animales destinados al consumo humano, la pena será no menor de dos ni mayor de cuatro años y de ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días multa.

**Artículo 308:** El que caza, captura, recolecta, extrae o comercializa especies de flora o fauna que están legalmente protegidas será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

La pena no menor de dos ni mayor de cuatro años y de ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días multa cuando:

1. El hecho se comete en período de producción de semillas o de reproducción o crecimiento de las especies.
2. El hecho se comete contra especies raras o en peligro de extinción.
3. El hecho se comete mediante el uso de explosivos o sustancias tóxicas.

**Artículo 309:** El que extrae especies de flora o fauna acuática en épocas, cantidades y zonas que son prohibidas o vedadas o utilice procedimientos de pesca o caza prohibidos, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

**Artículo 310:** El que destruye, quema, daña o tala, en todo o en parte, bosques u otras formaciones vegetales naturales o cultivadas

que están legalmente protegidas, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

La pena será no menor de dos ni mayor de cuatro años y de noventa a ciento veinte días multa , cuando:

1. Del delito resulta la disminución de aguas naturales, la erosión del suelo; o la modificación del régimen climático.
2. El delito se realiza en lugares donde existen vertientes que abastecen de agua a un centro poblado o sistema de irrigación.

**Artículo 311:** El que utiliza tierras destinadas por autoridad competente al uso agrícola con fines de expansión urbana, de extracción o elaboración de materiales de construcción u otros usos específicos, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

El que, valiéndose de anuncios en el propio terreno o a través de medios de comunicación social, ofrecen en venta para fines urbanos u otro cualquiera, áreas agrícolas intangibles. Será reprimido con la misma pena.

**Artículo 312:** El funcionario público que autoriza un proyecto de urbanización o para otra actividad no conforme con los planes o usos previstos por los dispositivos legales o el profesional que informa favorablemente, a sabiendas de su ilegalidad, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de dos años e inhabilitación de uno a dos años conforme al artículo 36, incisos 1, 2 y 4.

**Artículo 313:** El que contraviniendo las disposiciones de la autoridad competente, altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural, o modifica la flora o fauna, mediante la construcción de obras o tala árboles que daña la armonía de sus elementos, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de dos años y con sesenta noventa días multa.

**Artículo 314:** El Juez Penal ordenará, come medida cautelar, la suspensión inmediata de la actividad contaminante, a sí como la clausura definitiva o temporal del establecimiento de que se trate,

de conformidad con el artículo 105, inciso 1, sin perjuicio de lo que pueda ordenar la autoridad en materia ambiental.

## **II.6. REGISTRO DE ENTIDADES AUTORIZADAS A REALIZAR ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL SECTOR ENERGIA Y MINAS**

### **Resolución Ministerial N° 143-92-EM/VMM ( 13-07-92 )**

Según el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, los estudios de impacto ambiental sólo podrán ser elaborados por las instituciones públicas o privadas, debidamente calificadas y registradas ante la autoridad competente. Corresponde a la Dirección General de Asuntos Ambientales, emitir las normas generales de alcance nacional en el Sector Energía y Minas.

## **II.7. REGLAMENTO PARA LA PROTECCION AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES MINERO METALURGICAS.**

### **Decreto Supremo N° 016-93-EM y 59-93-EM ( 01-05-93 y 13-12-93 )**

### **TITULO PRELIMINAR**

**Artículo 1.- Alcance.-** El presente Reglamento comprende la aplicación de las normas contenidas en el Título Décimo Quinto del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 14-92-EM, en el Decreto Legislativo N° 613 - Código del Medio Ambiente -, Decreto Legislativo N° 755 y Decreto Ley N° 25763, y alcanza a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que ejerzan actividades minero - metalúrgicas.

**Artículo 2.- Definiciones** .-Para los efectos de este Reglamento se define lo siguiente:

**Autoridad Competente.-** Ministerio de Energía y Minas

**Código.-** Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales aprobado por Decreto Legislativo N° 613, del 7 de setiembre de 1990, y sus modificatorias.

**Contaminante Ambiental.-** Toda materia o energía que al incorporarse y/o actuar en el medio ambiente, degrada su calidad original a un nivel que afecta la salud, el bienestar humano y pone en peligro los ecosistemas.

**Contaminación Ambiental.-** Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, al superar los niveles máximos permisibles establecidos, como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad.

**Estudio de Impacto Ambiental (EIA).-** Estudios que deben efectuarse en proyectos para la realización de actividades en concesiones mineras, de beneficio, de labor general de transporte minero, que deben evaluar y describir los aspectos físico - naturales, biológicos, socio - económicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y capacidades del medio, analizar la naturaleza, magnitud y prever los efectos y consecuencias de la realización del proyecto, indicando medidas de previsión y control a aplicar para lograr un desarrollo armónico entre las operaciones de la industria minera y el medio ambiente..

**Nivel Máximo Permisible.-** Nivel de concentración de uno o más contaminantes por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas.

Este nivel lo establece la Autoridad Competente y el legalmente exigible..

**Plan de Cierre.-** Medidas que debe adoptar el titular de la actividad minera antes del cierre de operaciones, para evitar efectos adversos al medio ambiente producidos por los residuos sólidos, líquidos o gaseosos que puedan existir o puedan aflorar en el corto, mediano y largo plazo.

**Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).-** Programa que contiene las acciones e inversiones necesarias para incorporar a las operaciones minero - metalúrgicas los adelantos tecnológicos y/o medidas alternativas que tengan como propósito reducir o eliminar las emisiones y/o vertimientos para poder cumplir con los niveles máximos permisibles establecidos por la Autoridad Competente.

**Protección Ambiental.-** Conjunto de acciones de orden científico, tecnológico, legal, humano, social y económico que tiene por objeto proteger el entorno natural, donde se desarrollan las actividades minero - metalúrgicas, y sus áreas de influencia, evitando su degradación a un nivel perjudicial que afecte la salud, el bienestar humano, la flora, la fauna o los ecosistemas.

### **Artículo 3.- Objeto**

**El presente reglamento tiene por objeto:**

- a) Establecer las acciones de previsión y control que deben realizar para armonizar el desarrollo de las actividades minero metalúrgicas con la protección del medio ambiente.
- b) Proteger el medio ambiente de los riesgos resultantes de los agentes nocivos que pudiera generar la actividad minera metalúrgica, evitando sobrepasen los niveles máximos permisibles.
- c) Fomentar el empleo de nuevas técnicas y procesos relacionados con el mejoramiento del medio ambiente.

### **Artículo 4.- Autoridad Competente**

La Autoridad competente en materia ambiental del sector minero metalúrgico es el Ministerio de Energía y Minas, que será el único ente gubernamental encargado de:

- 1. Fijar las políticas de protección del medio ambiente para las actividades minero - metalúrgicas y dictar la normatividad correspondiente.
- 2. Aprobar los Estudios de Impacto Ambiental y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental y autorizar la ejecución de los mismos, para cada una de las unidades económicas administrativas.
- 3. Suscribir con los titulares de la actividad minero - metalúrgica convenios de estabilidad administrativa ambiental en base al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Programas de Adecuación Ambiental (PAMA) que se apruebe.
- 4. Fiscalizar el efecto ambiental producido por las actividades minero - metalúrgicas en los centros operativos y áreas de

influencia, determinando la responsabilidad del titular, en caso de producirse una violación a las disposiciones de ese Reglamento e imponiendo las sanciones previstas en él.

**II.8. NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES  
LIQUIDOS MINERO-METALURGICOS  
Resolución Ministerial N°011-96-EM/VMM  
Promulgado el 10 de Enero de 1996**

Los Estudios de Impacto ambiental correspondiente a la actividad minero-metalúrgica deben estar formulados en base a los Niveles Máximos Permisibles que el Ministerio de Energía y Minas apruebe;

Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental tienen como objetivo que los titulares de la actividad minero-metalúrgica logren reducir sus niveles de contaminación ambiental hasta alcanzar los Niveles Máximos Permisibles;

Es necesario establecer los Niveles Máximos Permisibles de los elementos contenidos en los efluentes líquidos de la industria minero-metalúrgica con la finalidad de controlar los vertimientos producto de sus actividades y contribuir efectivamente a la protección ambiental;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1.-** Aprobar los Niveles Máximos Permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos.

**Artículo 2.-** Los Niveles Máximos Permisibles a los cuales se sujetarán las Unidades Minero-Metalúrgicas están señaladas en el Anexo 1. Las Unidades Mineras en Operación y aquellas que reinician sus operaciones podrán sujetarse a lo señalado en el Anexo 2, siguiendo lo establecido en el Decreto Supremo N° 016-93-EM. Estos Anexos forman parte de la presente Resolución Ministerial.

**Artículo 3.-** Los valores establecidos en el Anexo 2 se ajustarán gradualmente hasta igualar a los Niveles Máximos Permisibles (Anexo 1), en un período no mayor de 10 años a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución Ministerial.

**Artículo 4.-** Los resultados analíticos obtenidos para cada parámetro regulado a partir de la muestra recogida del efluente minero-metalúrgico, no excederán en ninguna oportunidad los

niveles establecidos en la columna "Valor en cualquier Momento" del Anexo 1 ó 2 según corresponda.

**Artículo 5.-** Las concentraciones promedio anuales, para cada parámetro regulado no excederán los niveles establecidos en la columna "Valor Promedio Anual en el Anexo 1 ó 2 según corresponda.

**Artículo 6.-** Los titulares mineros deberán asegurar que las concentraciones de los parámetros no regulados por la presente Resolución Ministerial, tales como cadmio, mercurio, cromo, y otros, cumplan con las disposiciones legales vigentes en el país o demostrar técnicamente ante la autoridad competente, que su vertimiento al cuerpo receptor no ocasionará efectos negativos a la salud humana y al ambiente..

**Artículo 7.-** Los titulares mineros están obligados a establecer en el EIA y/o PAMA o Declaración Jurada de PAMA, un punto de control en cada efluente líquido minero-metalúrgico, a fin de determinar la concentración de cada uno de los parámetros regulados y el volumen de descarga en metros cúbicos por día, que será medido al momento de efectuar la toma de la muestra. Dicho punto de control deberá ser identificado de acuerdo a la ficha del Anexo 3 que forma parte de la presente Resolución Ministerial.

**Artículo 8.-** Los titulares mineros podrán eliminar o cambiar la ubicación de uno o más puntos de control, previa aprobación de la Dirección General de Minería, con la opinión favorable de la Dirección General de Asuntos Ambientales, para lo cual será necesario presentar la documentación sustentatoria.

**Artículo 9.-** Para efectos de determinar la frecuencia de muestreo, de análisis químicos y de presentación de reportes, los titulares mineros serán clasificados de acuerdo al volumen de descarga total de efluentes minero-metalúrgicos al cuerpo receptor, según la siguiente escala:

- a) Mayor de 300 metros cúbicos por día
- b) Entre 50 y 300 metros cúbicos por día
- c) Menor de 50 metros cúbicos por día

**Artículo 10°.-** El resultado de muestreo será puesto en conocimiento de la Dirección General de Minería, a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución Ministerial, de



acuerdo a la frecuencia de presentación de reportes que se indica en el Anexo 4 que forma parte de la presente Resolución.

**Artículo 11.-** La frecuencia de análisis químicos de los efluentes minero-metalúrgicos se regirá por lo establecido en el Anexo 5 que forma parte de la presente Resolución.

**Artículo 12.-** Los titulares mineros llevarán un registro según el formato especificado en el Anexo 6, de la presente Resolución Ministerial, el mismo que deberá ser presentado al Auditor Ambiental, cuando éste lo requiera.

**Artículo 13.-** Para efectos de la presente Resolución Ministerial se tomará en consideración las siguientes definiciones:

**Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos.-** Son los flujos descargados al ambiente, que provienen:

- a) De cualquier labor, excavación o trabajo efectuado en el terreno, de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales asociadas con labores, excavaciones o trabajos efectuados dentro de los linderos de la Unidad Minera.
- b) De depósitos de relaves u otras instalaciones de tratamiento que produzcan aguas residuales.
- c) De concentradoras, plantas de tostación, fundición y refinerías, siempre que las instalaciones sean usadas para el lavado, trituración, molienda, flotación, reducción, lixiviación, tostación, sinterización, fundición, refinación, o tratamiento de cualquier mineral, concentrado, metal, o subproducto.
- d) De campamento propios.
- e) De cualquier combinación de los antes mencionados.

**Muestra Puntual.-** Es el tipo de muestra, en un punto de control definido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua para el Subsector Minería.

**Parámetro Regulado.-** Son aquellos parámetros que se encuentran definidos en los Anexos 1 y 2 de la presente Resolución Ministerial.

**Punto de Control.-** Ubicación aprobada por la autoridad competente, establecida de acuerdo a los criterios del Protocolo de Monitoreo de Aguas, descrita de acuerdo a la ficha del Anexo 3.

**Unidad Minera en Operación.-** Es aquella Concesión y/o Unidad Económica Administrativa (UEA) que se encontraba en operación antes de la entrada en vigencia del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

**Unidad Minera que Reinicia Operaciones.-** Es aquella Concesión y/o Unidad Económica Administrativa (UEA) que vuelve a operar tras haber estado paralizada antes de la entrada en vigencia del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

**Unidad Minera Nueva.-** Es aquella Concesión y/o Unidad Económica Administrativa (UEA) que comienza a operar con posterioridad a la entrada en vigencia del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

**Concentración Promedio Anual.-** Es la media aritmética Promedio Anual.- Es la media aritmética de los resultados obtenidos durante un año calendario.

**CUADRO N° 4  
NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION PARA LAS  
UNIDADES MINERO-METALURGICAS**

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR EN CUALQUIER MOMENTO</b>	<b>VALOR PROMEDIO ANUAL</b>
<b>Ph</b>	<b>Mayor que 6 y Menor que 9</b>	<b>Mayor que 6 y Menor que 9</b>
<b>Sólidos Suspendidos (mg/1)</b>	<b>50</b>	<b>25</b>
<b>Plomo (mg/1)</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>
<b>Cobre (mg/1)</b>	<b>1.0</b>	<b>0.3</b>
<b>Zinc (mg/1)</b>	<b>3.0</b>	<b>1.0</b>
<b>Fierro (mg/1)</b>	<b>2.0</b>	<b>1.0</b>
<b>Arsénico (mg/1)</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<b>Cianuro total (mg/1)</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>

**\*CIANURO TOTAL, equivalente a 0.1 mg/1 de Cianuro Libre y 0.2 mg/1 de Cianuro fácilmente dissociable en ácido.**

**CUADRO N° 5**  
**VALORES MAXIMOS DE EMISION PARA LAS UNIDADES**  
**MINERAS EN OPERACION O QUE REINCIAN OPERACIONES**

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR EN CUALQUIER MOMENTO</b>	<b>VALOR PROMEDIO ANUAL</b>
<b>Ph</b>	<b>Mayor que 5.5 Menor que 10.5</b>	<b>Mayor que 5.5 y Menor que 10.5</b>
<b>Sólidos Suspendedos (mg/1)</b>	<b>100</b>	<b>50</b>
<b>Plomo (mg/1)</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>
<b>Cobre (mg/1)</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Zinc (mg/1)</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>Fierro (mg/1)</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>Arsénico (mg/1)</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>
<b>Cianuro total (mg/1)</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**II.9. NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES DE GASES Y PARTICULAS PARA LAS ACTIVIDADES MINERO-METALURGICAS**

**Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM**  
**(19/07/96)**

**CONSIDERANDO:**

Que, el artículo 226 del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM, establece que la autoridad competente para la aplicación de las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 613 - Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales referidos a la actividad minera y energética, es el Sector Energía y Minas;

Que, los Estudios de Impacto Ambiental correspondientes a la actividad minero- metalúrgica deben estar formulados en base a los Niveles Máximos Permisibles que el Ministerio de Energía y Minas apruebe;

Que, los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental tienen como objetivo que los titulares de la actividad minero-metalúrgica logren reducir sus niveles de contaminación ambiental hasta alcanzar los Niveles Máximos Permisibles;

Que, es necesario establecer los Niveles Máximos Permisibles correspondientes a los elementos y compuestos presentes en las

emisiones gaseosas, así como a las partículas y elementos metálicos arrastrados por éstas provenientes de las Unidades Minero- Metalúrgicas con la finalidad de controlar las emisiones producto de sus actividades y contribuir efectivamente a la protección ambiental.

De conformidad con la Disposición Complementaria del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM, sustituida por el artículo 4° del Decreto Supremo N° 059-93-EM;

Con la opinión favorable del Director General de Asuntos, Ambientales, el Director General de Minería y el Viceministro de Minas;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1.-** Aprobar los Niveles Máximos Permisibles de Anhídrido Sulfuroso, Partículas, Plomo y Arsénico presentes en las emisiones gaseosas provenientes de las Unidades Minero-Metalúrgicas.

**Artículo 2.-** Los Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Anhídrido Sulfuroso a los cuales se sujetarán las Unidades Minero - Metalúrgicas están señaladas en el Anexo 1, el cual forma parte de la presente Resolución Ministerial. La cantidad de anhídrido sulfuroso emitido será determinada en el punto o puntos de control y el ingreso de azufre el proceso será el de la carga del día.

**Artículo 3.-** El Nivel Máximo Permisible de Emisión de Partículas al cual se sujetarán las Unidades Minero - Metalúrgicas será de 100 mg/m<sup>3</sup> medido en cualquier momento en el punto o puntos de control.

**Artículo 4.-** El Nivel Máximo Permisible de Emisión de Plomo al cual se sujetarán las Unidades Minero - Metalúrgicas será de 25 mg/m<sup>3</sup> medido en cualquier momento en el punto o puntos de control.

**Artículo 5-** El Nivel Máximo Permisible de Emisión de Arsénico al cual se sujetarán las Unidades Minero - Metalúrgicas será de 25 mg/m<sup>3</sup> medido en cualquier momento en el punto o puntos de control.

**Artículo 6.-** Las concentraciones de Gases y Partículas presentes en el ambiente de zonas habitadas ubicadas dentro del área de influencia de la Unidad Minero - Metalúrgica, no deberán superar

los Niveles de Calidad de Aire vigentes en el país, por efecto de las emisiones de dicha Unidad.

**Artículo 7-** Los titulares mineros deberán asegurar que los parámetros no regulados por la presente Resolución Ministerial, no exceden los niveles máximos permisibles establecidos por las disposiciones legales vigentes sobre calidad de aire.

**Artículo 8-** Los titulares mineros están obligados a establecer en el EIA y/o PAMA, un punto de control por cada fuente emisora así como un número apropiado de estaciones de monitoreo a fin de determinar la cantidad y concentración de cada uno de los parámetros regulados, además del flujo de descarga. Dichos puntos de control y estaciones de monitoreo deberán ser identificados empleando la ficha del Anexo 2, la cual forma parte de la presente Resolución Ministerial. Además deberá de indicarse el número y tipo de los equipos de detección a emplear.

**Artículo 9.-** Para efectos del monitoreo de las emisiones y la calidad del aire, se considerarán como válidas las mediciones efectuadas de acuerdo a lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones para el Sub-Sector Minería, publicado por la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas.

**Artículo 10-** Los titulares mineros podrán eliminar o cambiar la ubicación de uno o más puntos de control o estaciones de monitoreo, previa aprobación de la Dirección General de Asuntos Ambientales, para lo cual será necesario presentar la documentación sustentatoria.

**Artículo 11-** La frecuencia de presentación de los reportes será trimestral y deberá de coincidir con el último día hábil de los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre. El reporte del mes de junio y el consolidado anual estarán contenidos en el Anexo 1 del Decreto Supremo N° 016-93-E.M.

**Artículo 12-** Los titulares mineros llevarán un registro según los formatos que se especifican en el Protocolo mencionado en el artículo 9°, el mismo que deberá ser presentado al Auditor Ambiental, cuando éste lo requiera.

**Artículo 13-** Para efectos de la presente Resolución Ministerial se tomará en consideración las siguientes definiciones:

**Concentración media aritmética diaria.-** Es la concentración obtenida al dividir la suma de las concentraciones medidas durante 24 horas entre el número de mediciones efectuadas. Para éste efecto las muestras se tomarán en 16 horas como mínimo.

**Concentración media aritmética anual.-** Es la concentración obtenida al dividir la suma de los valores calculados para la concentración media aritmética diaria entre el número de días en que efectivamente se realizaron estas mediciones. Para tal efecto se tendrá en consideración la duración del año calendario.

**Concentración media geométrica anual.-** Es la concentración obtenida de extraer la raíz enésima (n es el número de valores calculados para la concentración media aritmética diaria) del producto de las concentraciones medias aritméticas.

**Emisión.-** Descarga de anhídrido sulfuroso, partículas, plomo y arsénico a la atmósfera medida en el o los puntos de control.

**Partículas.-** Son los sólidos sedimentables y en suspensión emitidos desde un punto de control.

**Partículas en Suspensión.-** Son las partículas con diámetro aerodinámico inferior a 10 micras.

**Parámetro Regulado.-** Aquél parámetro que se encuentra definido en la presente Resolución Ministerial.

**Punto de Control.-** Ubicación definida en el EIA o PAMA y aprobada por la Autoridad Competente, establecida para la medición de las emisiones, de acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo de Calidad de Aire y Emisiones, para el Sub-Sector Minería.

**Estación de Monitoreo.-** Area en el que se ubican los equipos de monitoreo, definida en EIA o PAMA y aprobada por la Autoridad Competente, establecida para la medición de la calidad del aire, de acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo de Calidad de Aire y Emisiones, para el Sub-Sector Minería.

## **DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS**

Durante la ejecución del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental a los Niveles Máximos Permisibles y en tanto la Dirección General de Minería compruebe el avance efecto de dicho

Programa, las Unidades Minero - Metalúrgicas podrán solicitar a dicha Dirección General, emitir anhídrido sulfuroso en niveles diferentes a los indicados en el Anexo 1 de la presente Resolución Ministerial, si es que han demostrado mediante un modelaje de dispersión, u otro sistema de mayor confiabilidad, que los Niveles de Calidad de Aire vigentes en el país no serán superados por efecto de las emisiones respectivas; debiendo corroborar dicha demostración mediante el monitoreo de las áreas de influencia de las Unidades. La sustentación de dicha emisión deberá ser aprobada con la opinión favorable de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas.

### DISPOSICION TRANSITORIA

En tanto no se fijen los Estándares Nacionales de Calidad de Aire a que hace referencia el artículo 6°, regirán los Niveles establecidos en el Anexo 3, el cual forma parte de la presente Resolución Ministerial.

**CUADRO N° 6  
NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE  
ANHIDRIDO SULFUROSO PARA LAS UNIDADES MINERO -  
METALURGICAS**

<b>AZUFRE QUE INGRESA AL PROCESO</b>	<b>EMISION MAXIMA PERMITIDA DE ANHIDRIDO SULFUROSO (t/d)</b>
< 10	20
11 - 15	25
16 - 20	30
21 - 30	40
31 - 40	50
41 - 50	60
51 - 70	66
71 - 90	72
91 - 120	81
121 - 150	90
151 - 180	99
181 - 210	108
211 - 240	117
241 - 270	126
271 -300	135
301 - 400	155
401 - 500	175
501 - 600	195
601 - 900	201
901 - 1200	207
1201 - 1500	213
> 1500	0.142(S)*

\* (S) = Total de Azufre que ingresa al proceso

## CUADRO N° 7

## NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD DE AIRE

PARAMETRO	CONCENTRACION MEDIA ARITMETICA DIARIA pg/m <sup>3</sup> (ppm )	CONCENTRACION MEDIA ARITMETICA ANUAL pg/m <sup>3</sup> (ppm)	CONCENTRACION MEDIA GEOMETRICA ANUAL pg/m <sup>3</sup>
ANHIDRIDO SULFUROSO	572 (0.2)*	172 (00.6)	-
PARTICULAR EN SUSPENSION	350*	-	150
PLOMO	-	0.5	-
ARSENICO	6	-	-

(\*) No debe ser excedido más de una vez al año.

Además deberá considerarse:

\*.Concentración Mensual de = 1.5 pg/m<sup>3</sup>.

Plomo.

\* Concentración de Arsénico en = 30pg/m<sup>3</sup> (no debe ser excedido minutos más de una vez al año).



## **CAPITULO III SISMICIDAD DE LA REGION AREQUIPA**

### **III.1. INTRODUCCION**

Los peligros naturales, así como los recursos, son parte de lo que ofrecen nuestros sistemas naturales; los primeros pueden ser considerados como negativos. Los peligros naturales constituyen problemas ambientales que actualmente capturan tanta atención pública, éstos alteran los ecosistemas, incrementan el impacto de la degradación de esos ecosistemas y pueden afectar a grandes poblaciones.

Todos los libros que se ocupan sobre peligros naturales contienen una reseña de muertos y destrucción, generalmente nunca se concluye con una reseña similar de los daños que se han evitado. Pero los efectos de los desastres causados por los peligros naturales pueden ser significativamente minimizados mediante acciones tomadas con anterioridad para reducir la vulnerabilidad. Los países industrializados han progresado en la reducción de los impactos de los terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, huracanes y deslizamiento de tierras.

Los terremotos son causados por una súbita liberación de energía, producto de una lenta acumulación de tensión en la corteza terrestre. Los terremotos y los volcanes ocurren más comúnmente en la zona de colisión entre placas tectónicas y presentan una amenaza particularmente severa y cuyos peligros asociados con ellos son:

- El sacudimiento del suelo es un peligro que afecta directamente cualquier estructura ubicada cerca del epicentro del terremoto. Las fallas estructurales en viviendas y edificios cobran muchas vidas humanas en áreas densamente pobladas.
- El fallamiento o ruptura de la corteza terrestre, consiste en la separación de la roca firme a lo largo de las zonas de debilidad.
- Los deslizamientos de tierra se producen debido al sacudimiento del terreno en áreas que tienen topografía relativamente escarpada y poca estabilidad de taludes.
- La licuefacción de material no consolidado, puede ser iniciada por un movimiento sísmico de considerable intensidad en la zona. Los

flujos y el esparcimiento lateral (fenómenos de licuefacción) son algunos de los peligros geológicos más destructivos, y se asocian particularmente con los colapsos que se producen en las presas de relaves.

La subsidencia o depresión de superficie, resulta del asentamiento de sedimentos flojos o no consolidados, ocurre en suelos saturados de agua, rellenos aluviales y otros materiales que están sujetos a asentamiento.

- Los tsunamis u ola sísmica son generadas generalmente por actividad sísmica submarina, y causan inundaciones en regiones costeras que pueden afectar áreas a muchos kilómetros del epicentro.

El presente capítulo tiene como objetivo precisar las características sísmicas de la región SW del Perú, comprendido entre las siguientes coordenadas geográficas: 13° a 18° de Latitud Sur y 69° a 77° de Longitud Oeste e interpretarlas respecto a las concepciones de la Dinámica Global Terrestre.

Para el análisis sísmico de la región, se ha tomado como referencia la información histórica de los eventos más notables, sin embargo, para la interpretación del presente trabajo se hace uso exclusivamente de la información de carácter instrumental procedente tanto de la Red Mundial de Estaciones Sísmicas y de la Red Regional operada por el Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín en colaboración con instituciones nacionales como extranjeras.

### **III.2. SISMICIDAD HISTORICA**

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Tapia (1967) y Silgado (1968).

**Entre los años de 1471 - 1490.-** Gran terremoto que destruyó el primitivo asiento de la ciudad de Arequipa, fue la época del Inca Túpac Yupanqui, en la cual perecieron todos sus habitantes y hubo la erupción del volcán Misti, alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

**Entre los años de 1513 - 1515.-** Grandes sismos acompañados de formidables deslizamientos de tierra de algunos cerros altos. En Arequipa alcanzó intensidades de VIII (M.M.).

**22 de Enero 1582.-** A las 11:30 terremoto que destruyó la Ciudad de Arequipa. El movimiento se percibió en Lima. Perecieron más de 30 personas sepultadas entre los escombros, tuvo una magnitud de 8.1 (750 Km. al NE de Arequipa), el movimiento sísmico alcanzó una intensidad de X en la Escala M.M.; en Arequipa se sintió con una intensidad de IX.

**19 de Febrero de 1600.-** A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI (M.M.), en la zona del volcán.

**24 de Noviembre de 1604.-** A las 13:30, la conmoción sísmica arruinó las ciudades de Arequipa y Arica. Un tsunami destruyó la ciudad de Arica y el puerto de Pisco, como consecuencia del Tsunami murieron 23 personas (Arica). Tuvo una magnitud de 7.8, y alcanzó una intensidad del grado VIII (M.M.), en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica.

**21 de Octubre de 1687.-** Gran movimiento sísmico ocurrido en la ciudad de Arequipa aproximadamente a las 06:30, causando serios daños en los templos y viviendas, produciendo el agrietamiento de muchos kilómetros de extensión, entre Ica y Cañete, el mar inundó parte del litoral comprendido entre Chancay y Arequipa.

Otros daños ocasionó en los valles de Sigwas y Majes, alcanzando en Aplao y Sigwas una intensidad del grado VIII (M.M.).

**22 de Agosto de 1715.-** A las 19:00 horas, en la ciudad de Arequipa ocurrió un gran terremoto que sepultó a pequeños pueblos, por los derrumbes de las partes altas de los cerros, alcanzando una intensidad del grado VII (M.M.), el movimiento se sintió en Arica.

**08 de Enero de 1725.-** A las 08:00 horas, fuerte temblor remeció la ciudad de Arequipa destruyendo la mayor parte de sus viviendas, éste movimiento sísmico tuvo una intensidad del grado VII (M.M.), como consecuencia del sismo se levantó una gran polvareda que cubrió la ciudad.

**27 de Marzo de 1725.-** Gran sismo que se sintió en toda la costa sur del Perú, llegándose a sentir hasta el Callao, el pueblo de Camaná fue el que sufrió grandes daños, el mar salió sobrepasándose la línea de playa.

**13 de Mayo de 1784.-** A las 07:35. Terremoto que arruinó la ciudad de Arequipa, ocasionando graves daños en sus templos, murieron 54 personas, 500 heridos, tuvo una magnitud de 8.4, en Arequipa alcanzó una intensidad del grado VII (M.M.).

**10 de Julio de 1821.-** A las 05:00. Terremoto que causó graves daños en los pueblos de Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y valle de Majes. Se sintió en Lima. Murieron 70 personas en Camaná y Ocoña, 60 en Chuquibamba y 32 en Caravelí, tuvo una magnitud de 7.9, y una intensidad del grado VII (M.M.).

**08 de Octubre de 1831.-** A las 21:15, fuerte sismo en Tacna, Arica y en el interior del departamento. de Arequipa, ocasionó algunas víctimas y alrededor de 32 heridos.

**18 de Setiembre de 1833.-** A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue sentido en La Paz y Cochabamba (Bolivia).

**13 de Agosto de 1868.-** A las 16:45. Este terremoto alcanzó una intensidad de grado XI y fue acompañado de tsunami. Según el historiador Toribio Polo (1904), fue uno de los mayores que se han verificado en el Perú desde su conquista. El epicentro posiblemente estuvo en el Puerto de Arica, se sintió hasta unos 1400 Kms al norte y a la misma distancia hacia el sur. Este movimiento sísmico destruyó la ciudad de Arequipa, llegando a producir fracturas en los cerros de la caldera, inmediatos a los baños de Yura. Este movimiento sísmico ocasionó fuerte destrucción en Arica, Tacna, Moquegua, Ilo, Torata, Iquique y Arequipa. A las 17:37 empezó un impetuoso desbordamiento del mar. La primera ola sísmica alcanzó una altura de 12 metros y arrasó el puerto de Arica. A las 18:30, el mar irrumpió nuevamente con olas de 16 metros de altura, finalmente a las 19:10, se produjo la tercera ola sísmica que varó la corbeta América de 1560 toneladas y el Wateree de los Estados Unidos, que fueron arrojados a unos 300 metros de la playa tierra adentro. Las salidas del mar, arrasaron gran parte del litoral peruano y chileno,

muriendo en Chala 30 personas y en Arica unas 300 personas. La agitación del océano llegó hasta California, Hawai, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelandia.

En Moquegua murieron 150 personas, en Arequipa 10 y en Tacna 3, se contaron como 300 movimientos sísmicos o réplicas hasta el 25 de agosto; tuvo una magnitud de 8.6.

**03 de Noviembre de 1869.-** A las 19:30 horas se produjo un fuerte temblor local en Arequipa que causó deterioros en los edificios, alcanzando una intensidad de VI (M.M.).

**09 de Mayo de 1877.-** A las 20:28. Un violento sismo que sacudió y averió las poblaciones de Ilo, Arica, Mollendo y otras. Se produjo un tsunami que inundó el puerto de Ilo y destruyó parte del ferrocarril. En la ciudad de Arica el mar avanzó más de 600 metros. Esa misma noche se produjeron como 100 réplicas. La ola sísmica originada por esa conmoción se extendió casi por todo el Pacífico, llegando hasta las costas de Nueva Zelandia y Yokohama, en Japón.

**04 de Mayo de 1906.-** A las 19:36. Fuerte temblor en Mollendo, en la ciudad de Tacna ocasionó derrumbes de casas y paredes cuarteadas. Se sintió fuertemente en la ciudad de Arica y aún en Iquique.

**28 de Julio de 1913.-** A las 01:40. Este movimiento sísmico afectó gran parte de la costa sur situada entre Chala y Mollendo, causando roturas de tres cables submarinos frente a la costa, lo que se atribuyó a un deslizamiento del talud submarino. La posición geográfica del epicentro fue de 17° Lat. S. y 74° Long. W, y alcanzó una magnitud de 7.0.

**06 de Agosto de 1913.-** A las 17:13. Terremoto que destruyó la ciudad de Caravelí, este movimiento produjo desplome de todos los edificios de dicha ciudad y derrumbes de las laderas del valle. Hubo 4 heridos, además afectó otras poblaciones situadas más al Sur como la de Chuquibamba. En Atico se destruyeron muchas edificaciones, resultando un muerto y varios heridos. En el pueblo de Ocoña el sismo causó daños apreciables en sus viviendas. En la ciudad de Arequipa ocasionó daños en algunos edificios. El epicentro se le ubicó en el Océano Pacífico frente al litoral, siendo su posición geográfica de 17° Lat. S. y 74° Long. W., y su Magnitud de 7.7, en Caravelí y Chuquibamba alcanzó una intensidad del

grado VIII (M.M.), en Ocoña y Caylloma se sintió con una intensidad de VI.

**11 de octubre de 1922.-** A las 09:50. Fuerte sismo que causó daños considerables en Arequipa, Caravelí y Mollendo. Fue sentido fuertemente en Chala, Acarí, Puquio, Palpa, Ica y Cañete. El epicentro se ubico en los 16° Lat. S. y 72.5° Long. W., se estima su profundidad focal en 50 Km. y su Magnitud 7.4; en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad del grado VI (M.M.).

**11 de Octubre de 1939.-** A las 09:59. Se registró un fuerte sismo en el Observatorio Sismológico de Lima. Causó graves daños en el pueblo de Chuquibamba y Caravelí, además provocó daños en las ciudades de Arequipa y Moquegua. Se sintió con gran intensidad en las localidades de Puquio, Quicacha, Palpa, Chala y Mollendo; alcanzando intensidades de VII en Chuquibamba; en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad del grado VI (M.M.).

**24 de Agosto de 1942.-** A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue situado entre los paralelos de 14° y 16° de Lat. S. Causó gran destrucción en un área de 18,000 Km<sup>2</sup>. Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. El epicentro se localizó en los 15° Lat. S. y 76° Long. W., con una Magnitud de 8.4; en Arequipa tuvo una intensidad del grado V (M.M.).

**11 de Mayo de 1948.-** A las 03:56. Fuerte movimiento sísmico en la región sur afectó parte de los Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna. Los efectos destructores fueron máximos dentro de un área aproximada de 3,500 Km<sup>2</sup>, dejando el saldo de 1 muerto y 66 heridos. En el área central alcanzó el grado VII (M.M.). El epicentro se localizó en los 17.4° Lat. S. y 71° Long. W.. La profundidad focal se estimó en unos 60-70 Km., con una Magnitud de 7.1; en Moquegua se sintió con una intensidad de VII y en Arequipa alcanzó una intensidad del grado VI (M.M.).

**20 de Julio de 1948.-** A las 06:03. Sismo ligeramente destructor en las poblaciones de Caravelí y Chuquibamba. En el área epicentral alcanzó el grado VI-VII (M.M.). El epicentro se localizó en los 16.6° Lat. S. y 73.6° Long. W., su Magnitud fue de 7.1.

**03 de Octubre de 1951.-** A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI (M.M.). Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de 17° Lat. S. y 71° Long. W., y su profundidad focal fue de 100 Km.

**15 de Enero de 1958.-** A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII (M.M.), y de grado VIII en la Escala Internacional de Intensidad Sísmica M.S.K.(Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

Se considera los poblados más afectados por este sismo a Tiabaya, Sabandia, Cerrillos, incluyendo las viviendas construidas a base de adobe en el sector de La Pampilla, de igual manera sufrieron daños los domicilios situados a las orillas de la torrentera de San Lázaro; en Sachaca: la iglesia, el cementerio y la gran mayoría de casas fueron cuarteadas; la calle Mercaderes, es una de las zonas que sufrió fuertes daños, en la cual la mayoría de paredes se vinieron al suelo.

Por efectos del sismo, se desprendieron enormes bloques de rocas tanto del Volcán Misti, como de los cerros circunvecinos. Los derrumbes dañaron en varios tramos la línea de ferrocarril a Puno, la carretera panamericana en el sector comprendido entre Chala y Arequipa, quedó cubierta en varios trechos por deslizamientos de magnitud variable, siendo la zona más afectada entre Camaná y Atico. El movimiento fue sentido de Chincha a Tarapacá en Chile; por el Este en Cusco, Puno y otras localidades del Altiplano. El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

El epicentro fue localizado en las siguientes coordenadas: 16.479° Lat.S. y 71.648° Long. W., con una profundidad focal de 60 Km. y una Magnitud 6.2 (Ocola 1984),

**13 de Enero de 1960.-** A las 10:40:34. Fuerte terremoto en el departamento de Arequipa que dejó un saldo de 63 muertos y centenares de heridos.

El pueblo de Chuquibamba quedó reducido a escombros, siendo igualmente destructor en Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina, Moquegua y la ciudad de Arequipa.

En ésta última ciudad los edificios antiguos de sillar afectados por el sismo de 1958 sufrieron gran destrucción, como consecuencia del movimiento una inmensa nube de polvo cubrió gran parte de la ciudad, advirtiéndose gigantescos derrumbes de las faldas del volcán Misti, por toda la ciudad se miraba ruinas; fuera de Arequipa, Miraflores no mostraba mayores daños. Tiabaya, Tingo, Huaranguillo, Tingo Grande, Sachaca, Alata, Arancota, Pampa de Camarones, Chullo y la urbanización de Hunter, exhibían el 90% de sus viviendas destruidas o a medio destruir.

Igual cuadro presentaba La Pampilla, Paucarpata, Characato, Socabaya, Mollebaya y los distritos aledaños a éstos. A consecuencia del movimiento telúrico se produjo en Charcani un derrumbe que cortó el suministro de fluido eléctrico. Los canales de agua sufrieron también ruptura, principalmente el canal de Zamácola.

Todas las casas del distrito de Polobaya, quedaron destruidas por efecto del sismo y apenas pasado el movimiento llovió granizada y la tormenta se produjo con rayos y relámpagos, el 95% de las casas de Puquina y alrededores quedaron completamente destruidas.

En la zona urbana del puerto de Mollendo los daños se limitaron a algunas caídas de cornisas. Las carreteras de penetración a Puno y otras localidades del departamento quedaron intransitables por los derrumbes.

El radio de perceptibilidad fue de aproximadamente 750 Km. sintiéndose en toda la extensión de los departamentos de Cuzco, Apurímac y Ayacucho. En el área epicentral la intensidad fue del grado VIII en la Escala M.S.K., este sismo fue percibido en la ciudad de Lima con una intensidad del grado III y en la ciudad de la Paz con el grado III-IV. El epicentro se localizó en los 16.145° Lat.S. y 72.144° Long. W.. La profundidad focal se estima en 60 Km., y una Magnitud de 6.2.

**09 de Marzo de 1960.-** A las 18:54, se produjo una violenta réplica del terremoto del 13 de Enero, en la ciudad de Arequipa se cayeron las cornisas removidas, este sismo fue sentido en Puno, en los Puertos de Matarani y Mejía tuvo una intensidad del grado V



(M.M.), alcanzó una Magnitud de 6.0; El epicentro se ubicó a 16° Lat. S. y 72° Long. W..

**26 de Enero de 1964.-** A las 04:00 se produjo un sismo en el sur del Perú, en Arequipa como producto del violento movimiento se registró cuatro heridos, y daños en las viviendas que ya se encontraban remecidas por anteriores sismos, este sismo tuvo una intensidad del grado VI (M.M); en la ciudad de Arequipa, Mollendo y Ubinas alcanzó una intensidad de V.

**16 de Febrero de 1979.-** A las 05:08:53. Fuerte terremoto en el departamento de Arequipa, que ocasionó algunas muertes y muchos heridos. Este sismo produjo severos daños en las localidades de Chuquibamba y pueblos del valle de Majes. Alcanzó una intensidad máxima del grado VII en la Escala M.S.K.

En la ciudad de Arequipa el sismo fue del grado VI habiendo afectado seriamente algunas viviendas de sillar. Además ocasionó graves daños en edificios relativamente modernos como el Hospital Regional N° 2 (Ex-empleado) Programa académico de Arquitectura y el pabellón Nicholson, ubicados estos 2 últimos en los Campus de la Universidad de San Agustín. El epicentro se ubicó en los 16.515° Lat. S. y 72.599° Long. W. La profundidad focal se estima en 52.5 Km., con una Magnitud de 6.2.

Las Magnitudes asignadas a los sismos del pasado han sido estimadas, por lo que debe tenerse el cuidado necesario en su utilización.

### **III.3. INFORMACION INSTRUMENTAL**

Mediante el servicio que regularmente ofrecía el ex Coast and Geodetic Survey, de los Estados Unidos (U.S.C.& G.S), y que ha sido continuado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (N.O.A.A.) y el Geological Survey (U.S.G.S.) , se dispone de información respecto a la localización instrumental de epicentros en todas las zonas sísmicas del mundo prácticamente desde comienzos del siglo, en razón del incremento en el número y calidad de las estaciones sismográficas a nivel mundial y del perfeccionamiento en las técnicas de procesamiento y computo, la precisión en la localización de epicentros ha mejorado considerablemente a partir de 1961. Para los fines del presente estudio se ha tomado información procedente de éste servicio. La precisión de las ubicaciones epicentrales está dentro de décimos de grado geográfico, tratándose de localizaciones efectuadas en

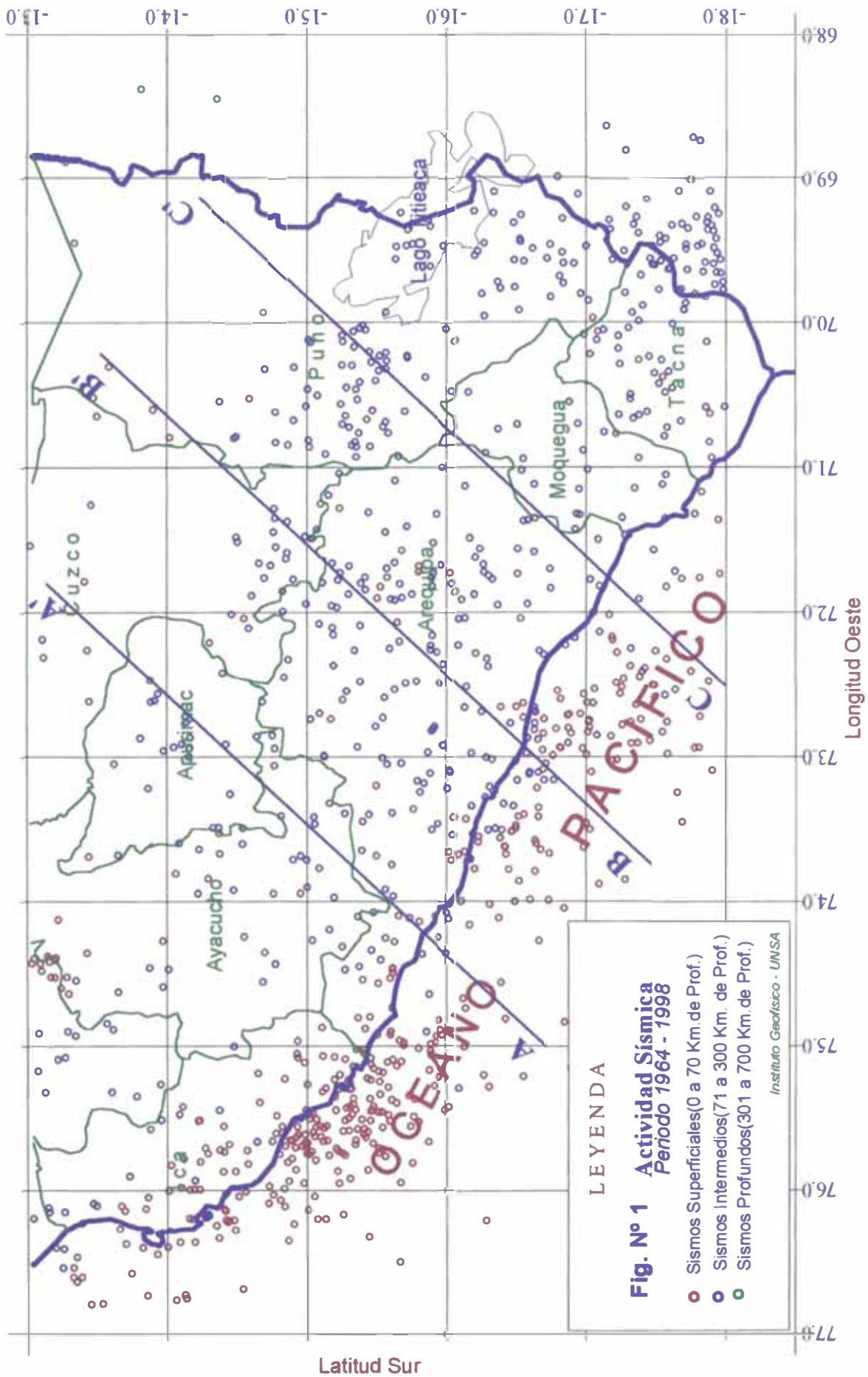
base a información telesísmica estas, corresponden a aquellos sismos que liberan suficiente energía como para ser registrados en estaciones distantes.

### **III.3.1. Distribución Epicentral**

Cada región tiene características sismológicas especiales que se van conociendo a través de los estudios sísmicos y de las experiencias que se van adquiriendo por la ocurrencia de movimientos telúricos, las ciudades tales como Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna en el Sur del Perú tienen una alta sismicidad y cuya historia sísmica nos hace suponer el peligro latente en que nos encontramos, la actividad superficial se encuentra circunscrita (< a 70 Km. de profundidad) a lo largo de la línea de costa que corresponde a una actividad sísmica típica de convergencia entre las Placas de Nazca y Continental; otras ciudades que se ubican distantes de la línea de costa como los Departamentos de Cuzco y Puno presentan una menor sismicidad y corresponde a una actividad sísmica intermedia (entre 71 a 300 Km. de profundidad), acompañada de una actividad sísmica superficial importante sobre todo en el Cusco y que corresponde a fallamiento local y regional.

La actividad sísmica (Figura N° 1), correspondiente a un periodo de 34 años comprendido entre 1964 a 1998, muestra un mapa con la distribución epicentral de 1450 sismos procesados por los organismos encargados de la concentración de información de la Red Mundial. Teniendo en cuenta el grado de precisión, se han elegido círculos de color rojo para los sismos superficiales, con profundidad igual o menor a 70 Km.; de color azul para los sismos intermedios comprendidos entre los 71 a 300 Km. de profundidad y de color verde para los sismos profundos que van desde los 301 a 700 Km.

La actividad sísmica superficial se encuentra circunscrita a lo largo de la línea de costa hasta algunas decenas de kilómetros hacia el continente. La actividad sísmica intermedia se presenta fundamentalmente en el continente y la profundidad de los focos aumenta de la costa hacia el interior (profundidad intermedia), mientras que los sismos profundos sólo se encuentran en la frontera con Brasil. La distribución epicentral es casi uniforme en la parte SW de nuestro territorio a diferencia del centro y norte del Perú. De acuerdo a las estadísticas los sismos de mayor magnitud se han registrado en las áreas cercanas a la Línea de Costa.



### III.3.2. Distribución Hipocentral

En el territorio sur del Perú los focos sísmicos oscilan entre 30 y 250 Km. de profundidad. El buzamiento general es aproximadamente de 30 grados, con una ligera diferencia en el tramo correspondiente al norte de Arequipa donde el plano de subducción tiene una inclinación mas suave. En relación a la distribución de los sismos por su magnitud encontramos que los mayores tienden a agruparse mas hacia la costa, y por su profundidad superficial resulta que son los de mayor peligrosidad. A efecto de determinar la sismicidad de una determinada localidad es necesario involucrar extensas áreas por la repercusión regional derivado de la gran cantidad de energía que es liberado en un sismo. En las secciones de la figura N° 2 se observa con suma claridad la subducción de la placa con marcada diferencia entre ellas, pero que nos confirma la abundancia de ellos en las cercanías de la Línea de Costa de allí la peligrosidad de éstos eventos superficiales.

### III.4 LIBERACION DE ENERGIA

La energía liberada por un sismo se manifiesta en dos formas, una que es transformada en trabajo y la otra que se transmite a través de ondas elásticas y que una parte de ésta se disipa en calor. La energía que da lugar a un trabajo resulta de los procesos tectónicos tales como fallas, plegamientos y fracturas.

La energía liberada es relativamente poco absorbida en las proximidades del foco por lo que se puede estudiar la energía sísmica de terremotos a considerables distancias por medio de los sismogramas. La liberación de energía se computo por medio de la ecuación de Gutenberg y Richter.

$$\text{Log } E = 1.8 + 1.5 M, \quad E \text{ en ergios}$$

Donde M es magnitud.del sismo.

De acuerdo al análisis se ha determinado que las áreas de mayor liberación para sismos superficiales se presenta a lo largo de la costa, siendo las localidades de Mollendo, Camaná , Atico y Chala las zona con el más alto valor de liberación de energía. Para sismos intermedios el área de máxima liberación de energía corresponde a Arequipa y a zonas en las provincias de Condesuyos y Caylloma y para sismos profundos el limite de los departamentos de Puno y Madre de Dios. En la figura N° 3 se observa los valores calculados

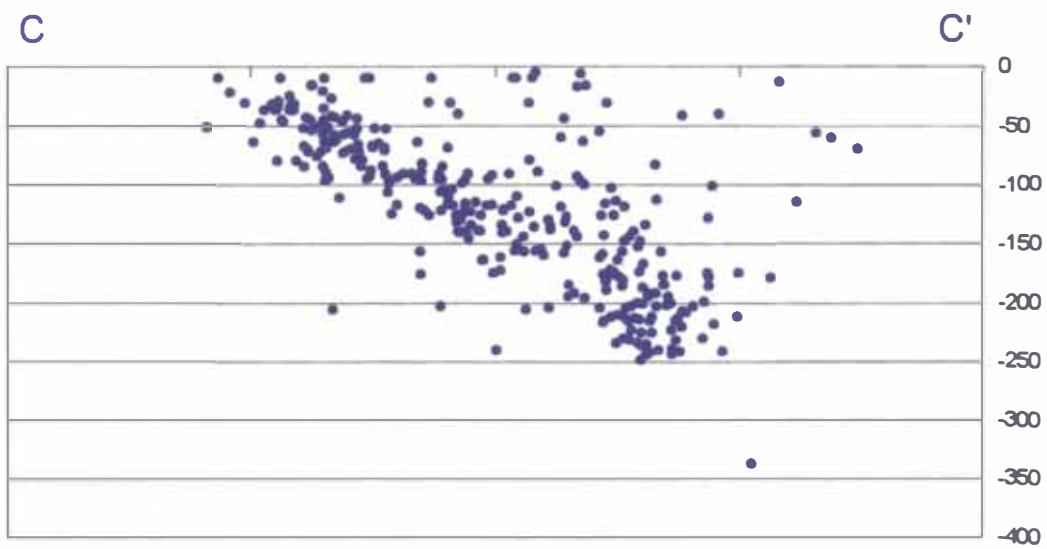
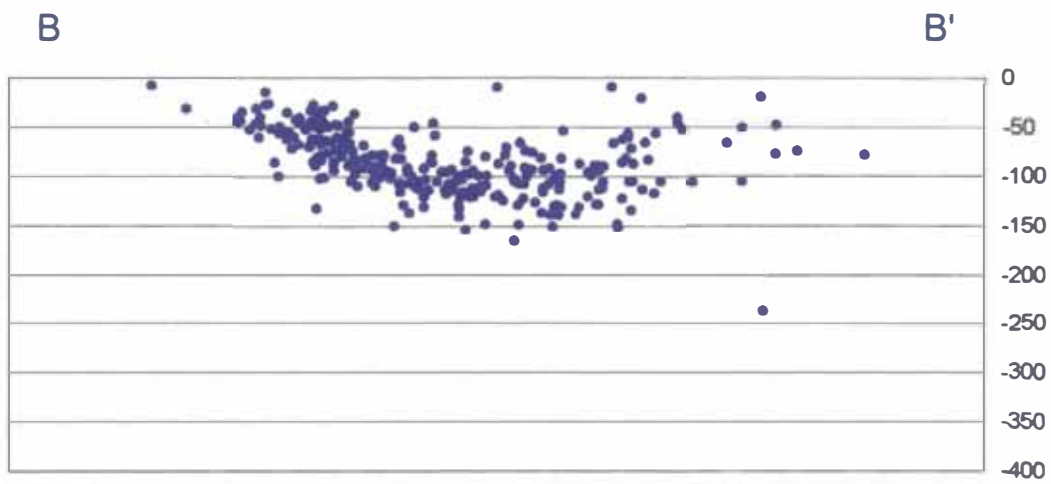
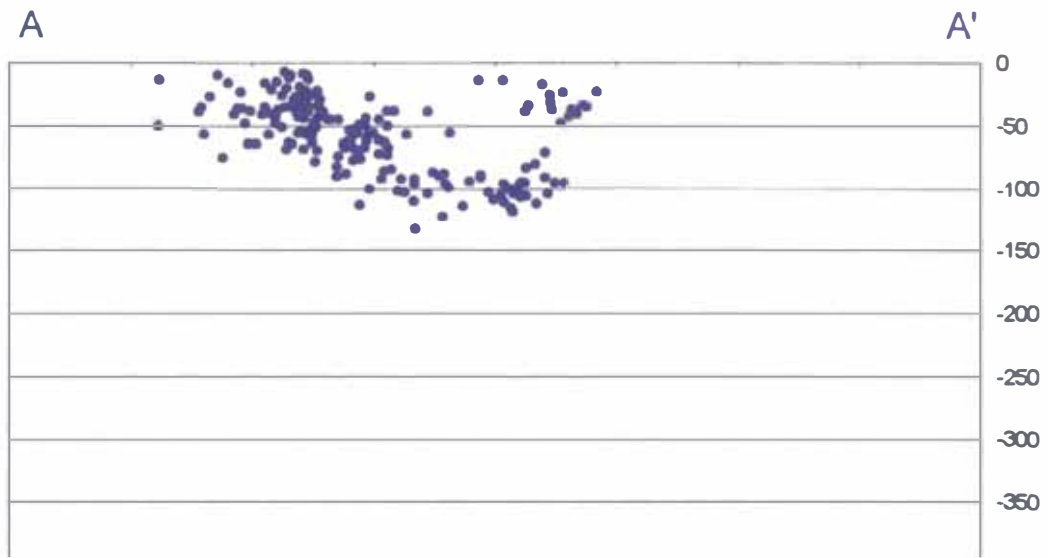
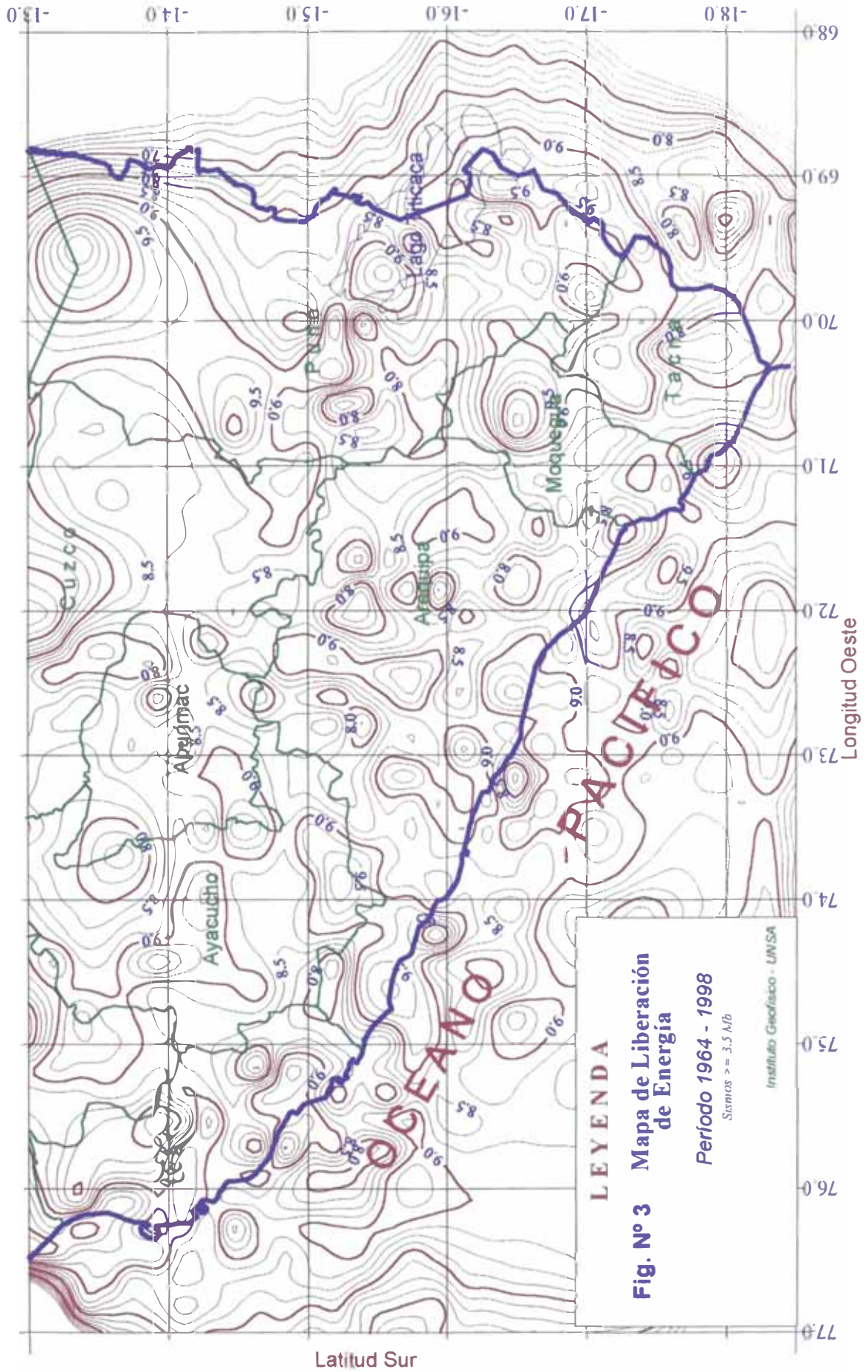


Fig. N° 2: Secciones Sísmicos



Latitud Sur

Longitud Oeste

en el Sur del Perú y las áreas donde se presenta los mayores valores de liberación de Energía.

### **III.5. ISOSISTAS Y MAPA DE MAXIMAS INTENSIDADES**

Para precisar la sismicidad con mayor objetividad se ha considerado la distribución de intensidades en nuestra región en base a los sismos de 1958, 1960 y 1979.

El mapa de isosistas correspondiente al sismo de 1958 (Figura N° 4), cuya magnitud alcanzó los 7.0, muestra que los máximos valores se presentan en las localidades cercanas a Arequipa con el grado VIII, el sismo fue también sentido en localidades tan distantes como Nazca e Ica.

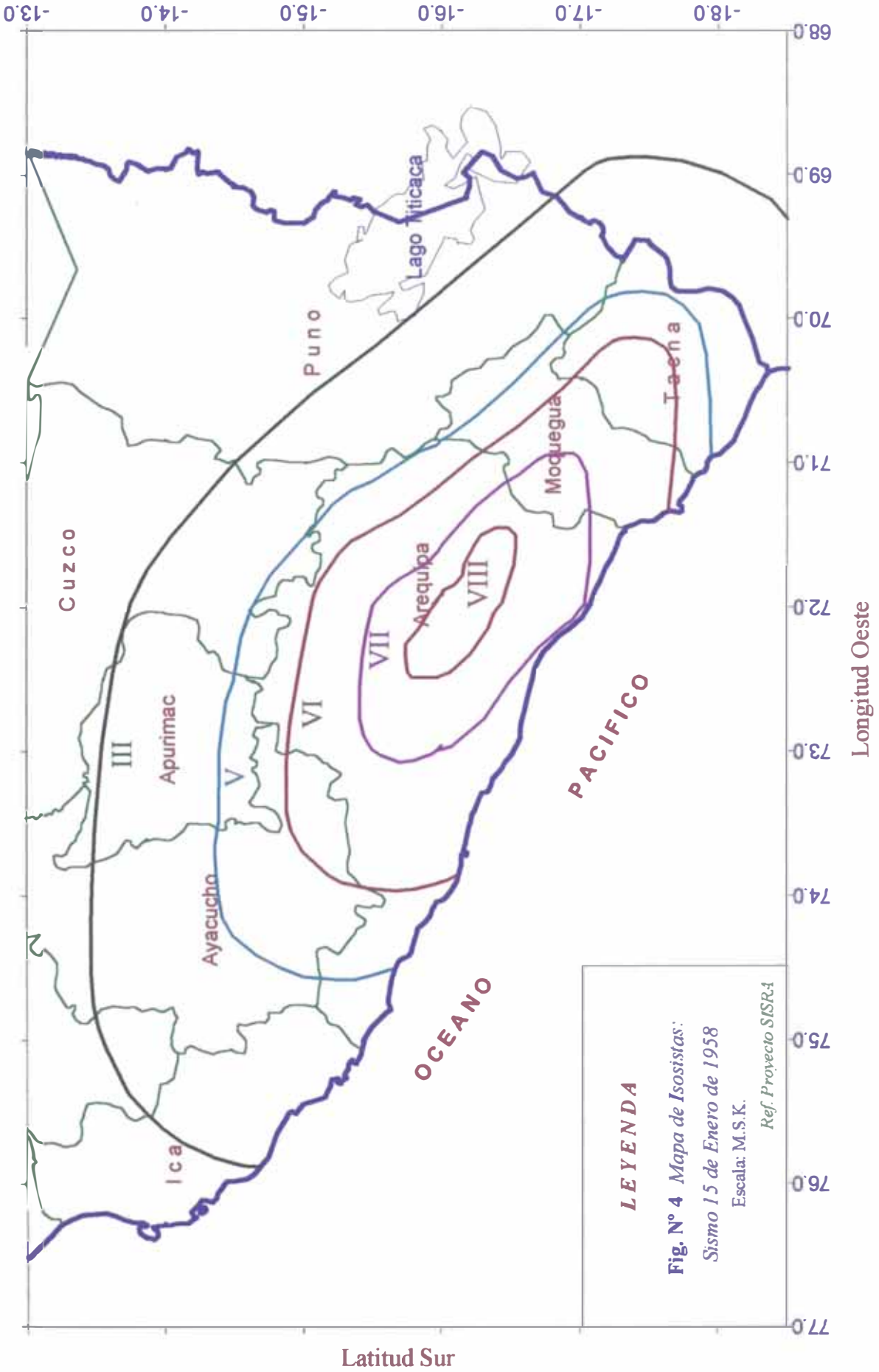
El terremoto del año 1960 (Figura N° 5), alcanzó una magnitud de 7.5, produjo considerables daños en todas las infraestructuras menores de Arequipa se percibió con una intensidad del grado VIII, éste sismo por su violencia fue sentido en localidades tan distantes como Chincha, Cuzco y Puno.

El sismo fuerte de 1979 (Figura N° 6) cuya magnitud fue calculada en 6.2, ocasionó daños no muy severos, en la ciudad de Arequipa y alrededores fue sentido con una intensidad del grado VI a VII en la Escala M.M., las zonas más afectadas fueron las localidades de Camaná, Majes, Chuquibamba, Andagua, Viraco, Pampacolca, Caravelí, Ocoña, etc.

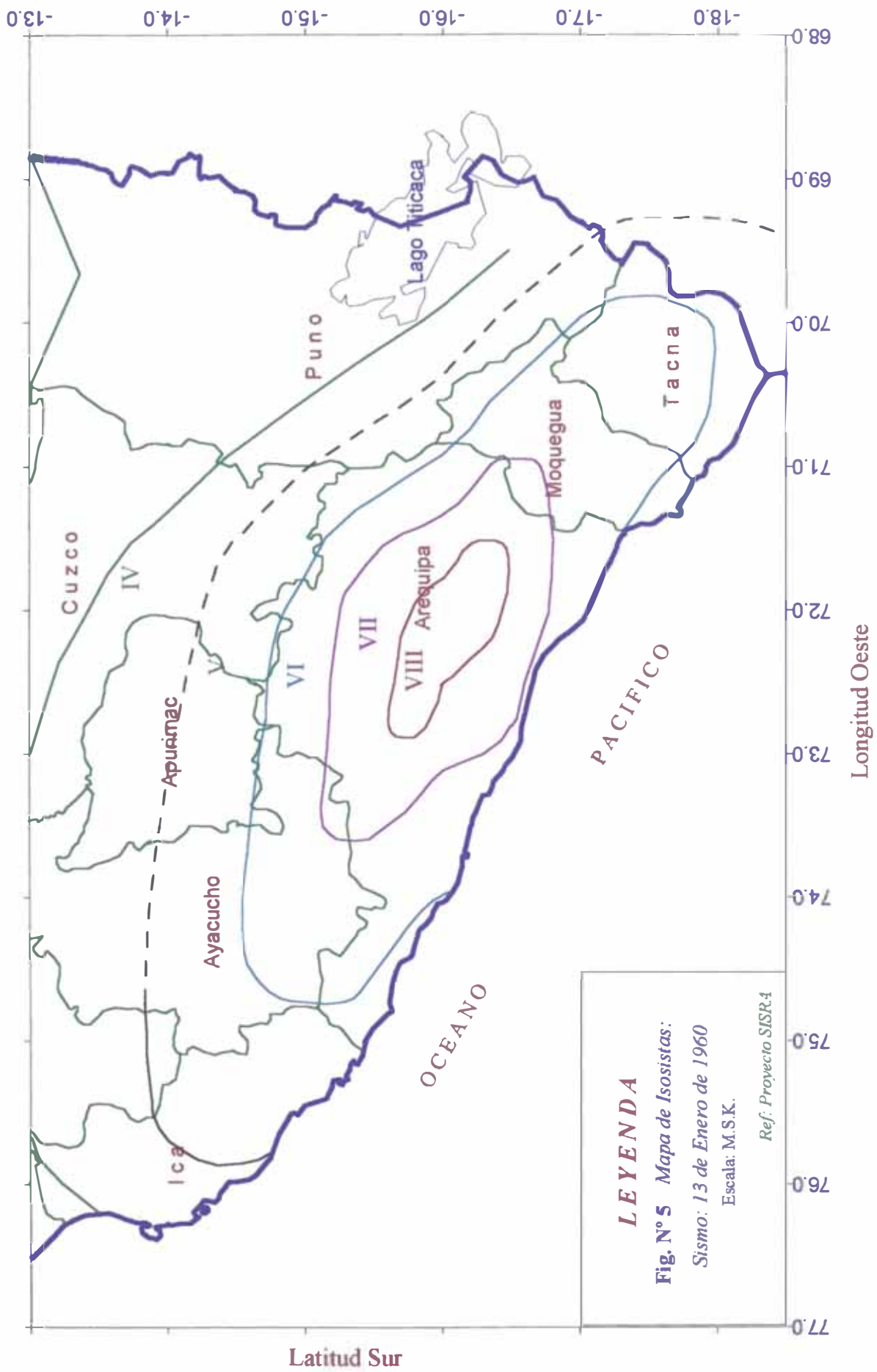
Por su extensa implicancia los eventos sísmicos debe ser considerados como un problema regional, las isosistas de los terremotos ocurridos en Arequipa nos indica que nuestra región esta expuesta por lo menos a sismos cuya intensidad alcanzaría entre el grado VII a VIII, y cuyo efecto también dependerá de las condiciones geológicas reinantes en el lugar.

Por experiencia y evaluaciones directas, hemos logrado precisar que en las partes de Arequipa, en las que se asienta importantes centros mineros tanto en la costa como en el interior, la sismicidad debe ser considerada prioritariamente en todo su desarrollo.

En cuanto al ultimo sismo importante registrado en sur del Perú, en noviembre de 1996 los efectos en algunos centros mineros fueron importantes sobre todo relacionado con el desplome de presas de relaves, como los ocurridos en Chala y Otapara(Acarí).







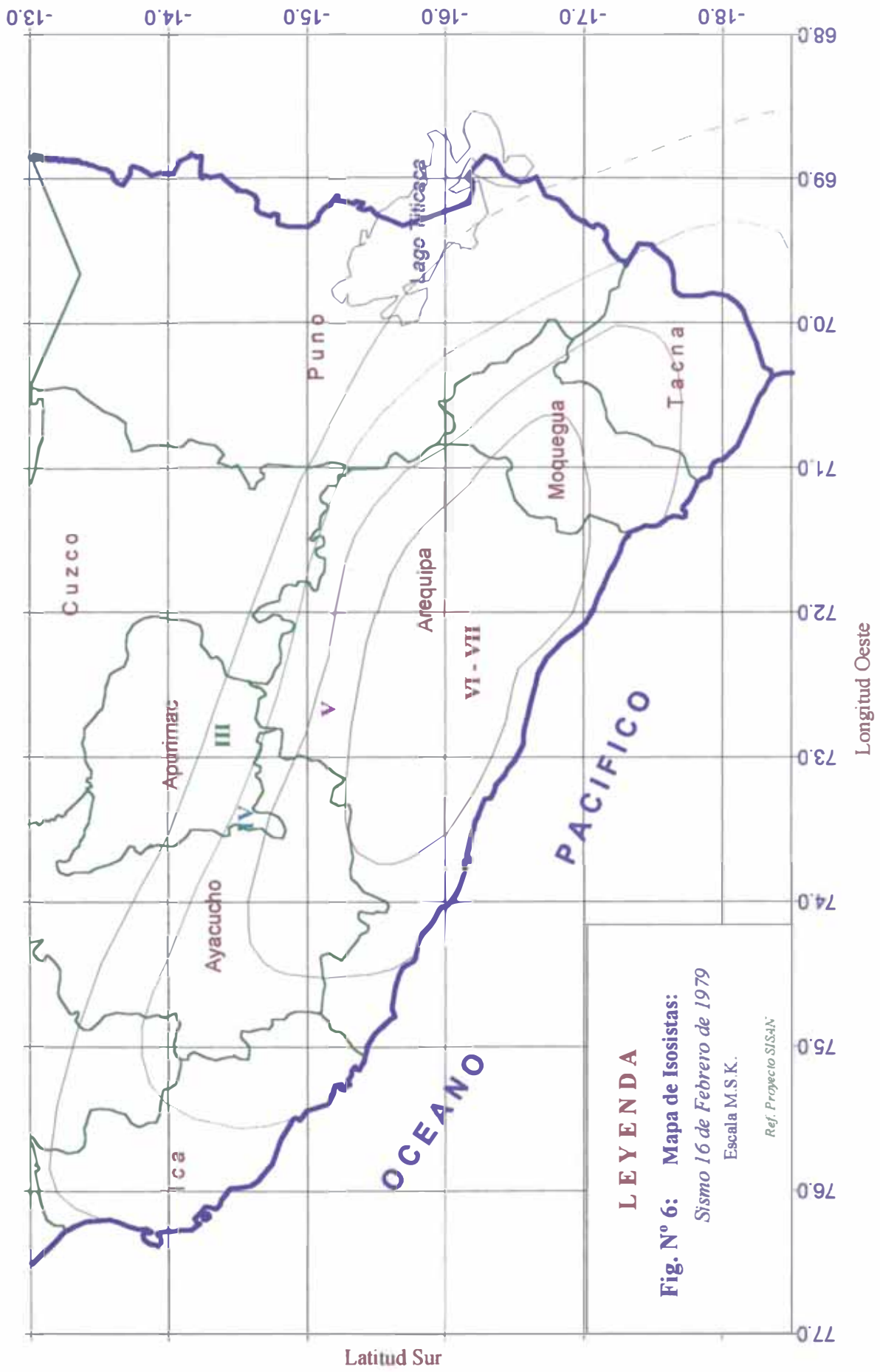
**LEYENDA**

**Fig. N° 5** Mapa de Isosistas:

Sismo: 13 de Enero de 1960

Escala: M.S.K.

Ref: Proyecto SISR.4



**LEYENDA**

**Fig. N° 6: Mapa de Isosistas:**  
 Sismo 16 de Febrero de 1979  
 Escala M.S.K.  
 Ref. Proyecto SIS4N

Silgado (1978), ha recopilado la información histórica de los eventos sísmicos más importantes ocurridos en el Perú, desde el siglo XVI hasta el presente. En base a dicha recopilación y a su reinterpretación, Alva — Hurtado et al (1984), han propuesto el mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Figura N° 7). Se observa en el mapa que la ciudad de Arequipa tiene asignado un valor de X en la Escala de Intensidades M M. La sismicidad en el Perú es mayor a lo largo de la costa, aunque existen zonas definidas de alta sismicidad en Tacna y Cusco en el Sur del Perú.

### **III.6. DATOS DE LA RED REGIONAL DE ESTACIONES SISMOGRAFICAS**

La información utilizada proviene de las estaciones operadas por el Instituto Geofísico de la UNSA en sucesivas campañas sísmicas de 1965, 1969 , 1975-76 y 1985-86 (Figuras N° 8, 9 y 10) y por la Universidad de Grenoble Francia y el Instituto Tecnológico de Massachussets USA en los años 1980 y 1981. Las redes sismográficas involucran prácticamente la totalidad de la región Arequipa, aún más se han utilizado para efectos de la determinación de los parámetros sísmicos otras estaciones como la de La Paz y Antofagasta.

A diferencia de los datos de la Red Mundial, los obtenidos mediante la Red Regional de Estaciones Sismográficas involucran mayor cantidad de sismos y precisión en la determinación de los diferentes parámetros. Las campañas realizadas tanto por la Universidad como por otras instituciones dan un claro panorama de la distribución epicentral como hipocentral e indican rasgos tectónicos peculiares.

#### **III.6.1. Resultados de las Campañas Sísmicas**

Como producto de estas campañas se ha determinado que la sismicidad en el territorio sur peruano se debe a las siguientes fuentes:

- La profunda estructura a la que se ha denominado sistema de fallamiento San Agustín, la misma que en realidad representa una perturbación o modificación dentro de una concentración de focos sísmicos descendentes desde la fosa hacia el interior del continente.

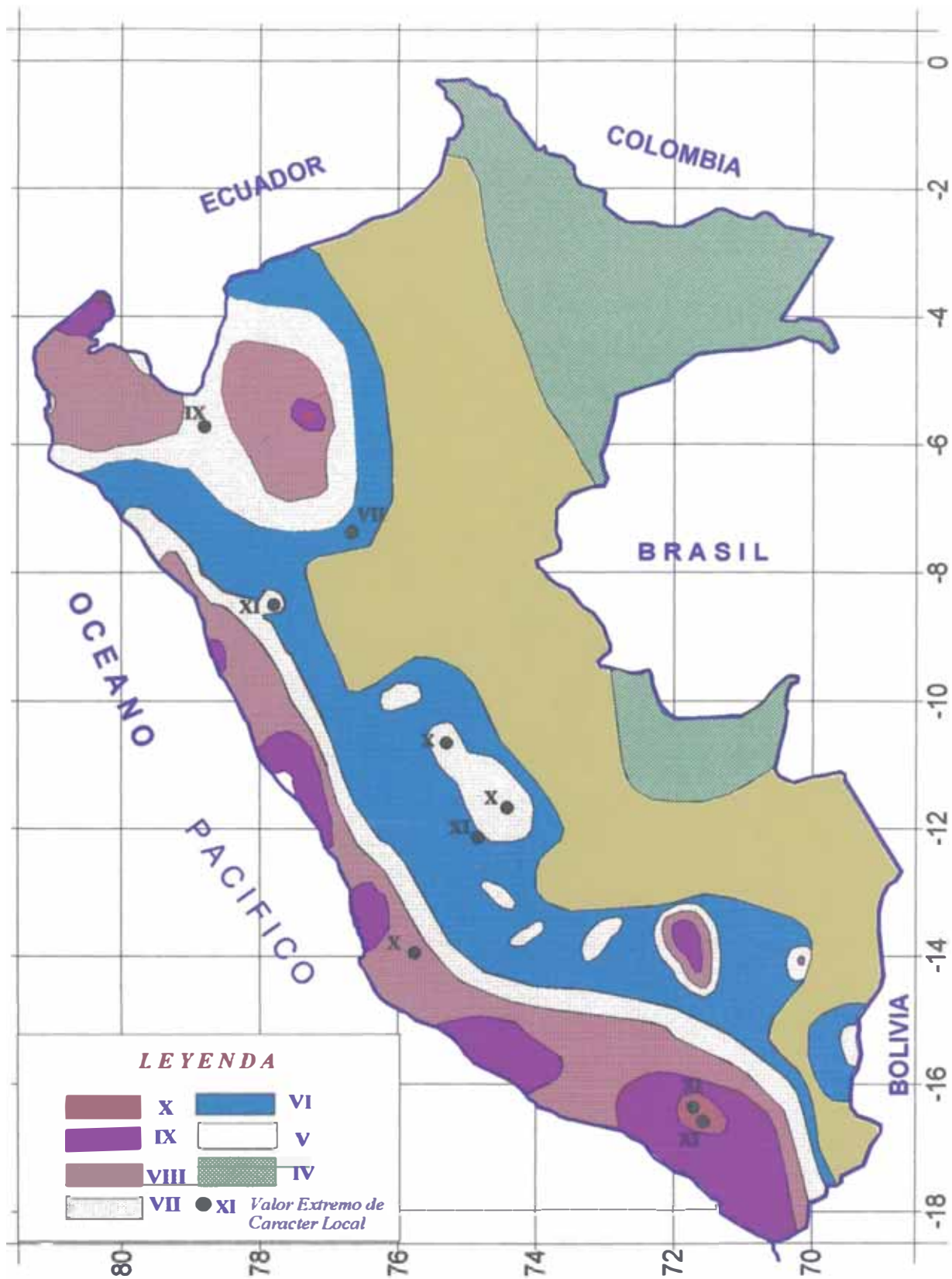
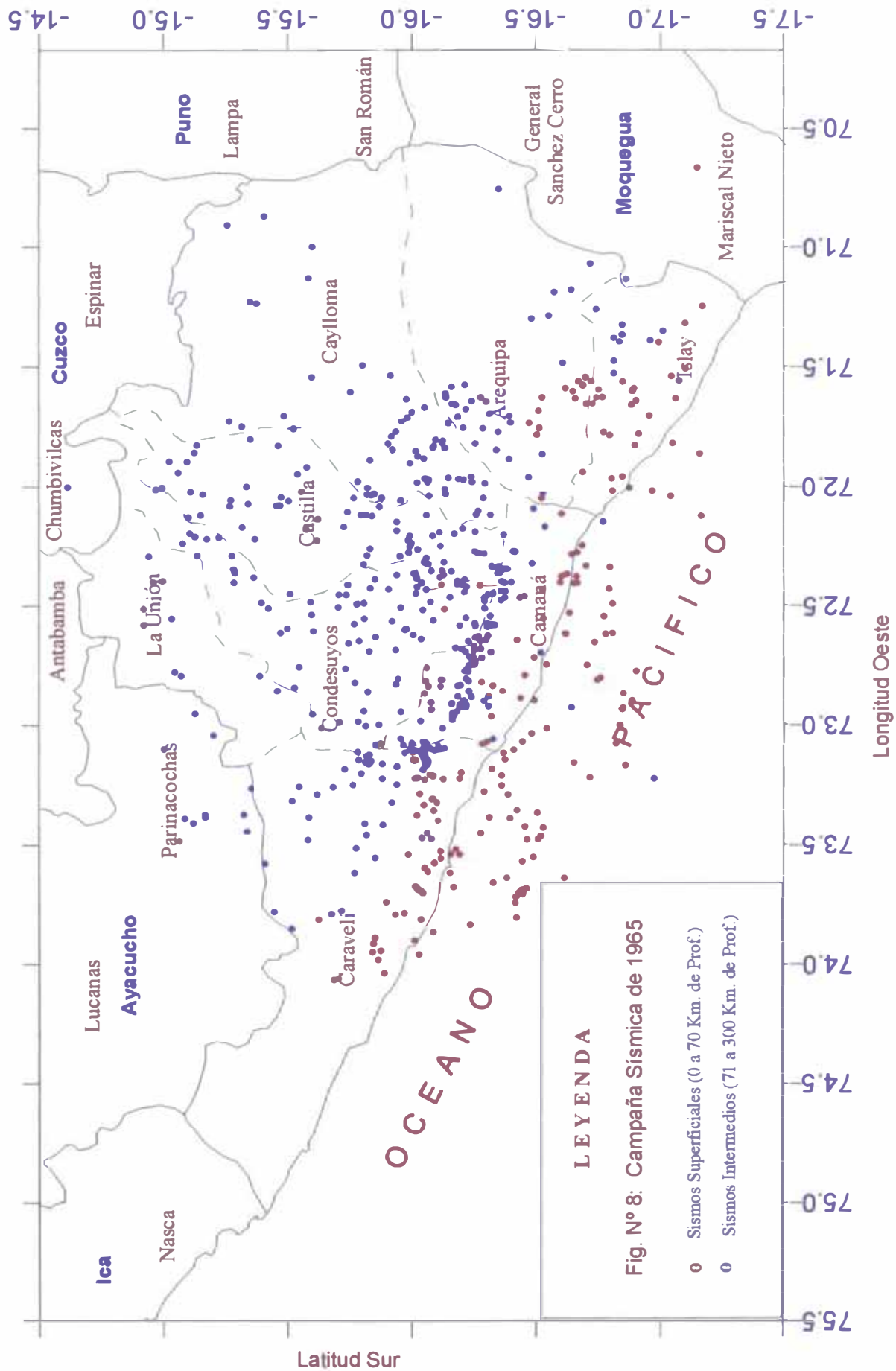
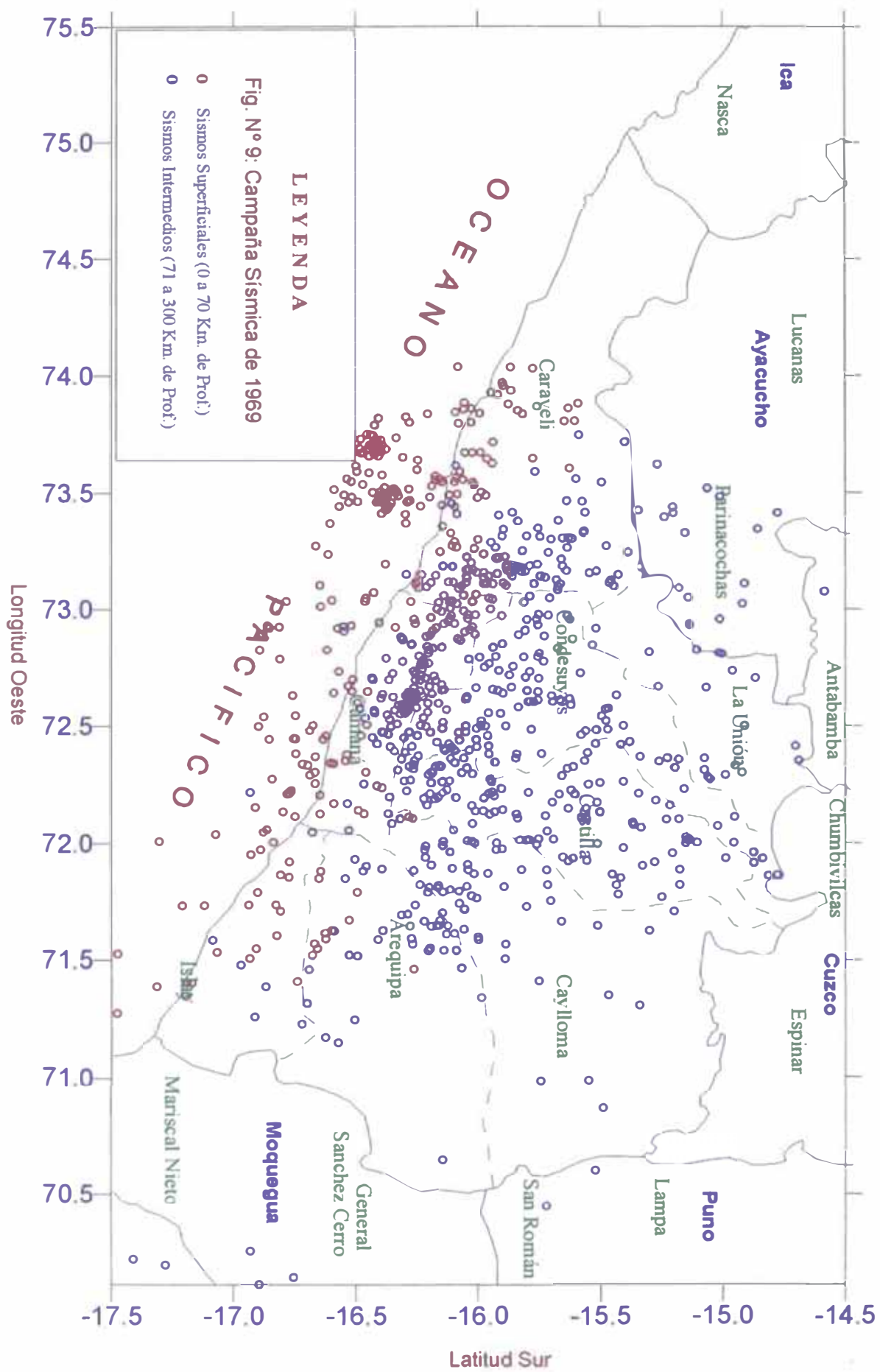
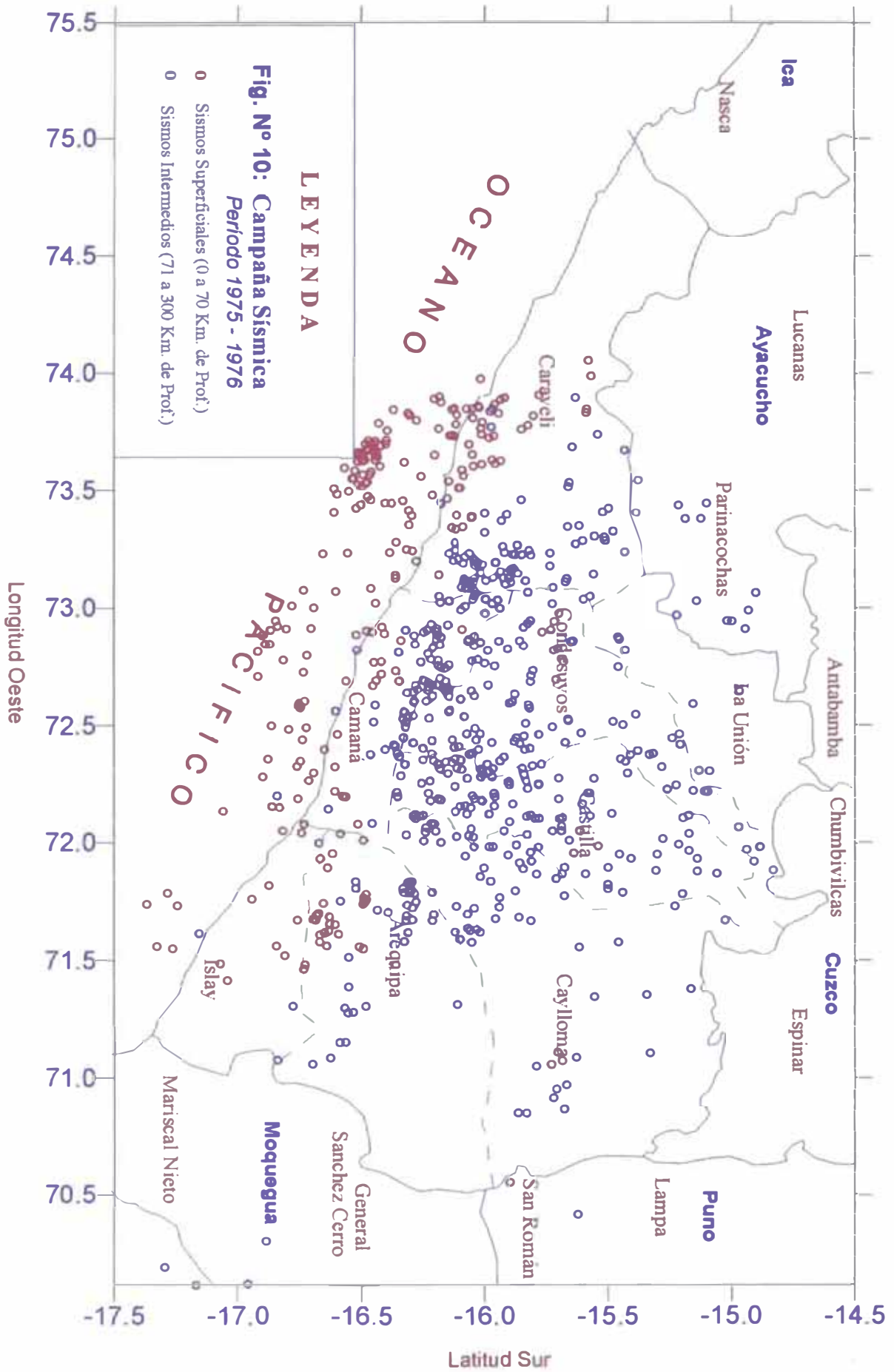


Fig. N° 7 "DISTRIBUCION DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS OBSERVADAS EN EL PERU"

(Ref. Alva Hurtado et al 1984)







- La placa oceánica el cual se sumerge debajo del continente describiendo un ángulo de 26 grados tendría un espesor del orden de 50 Km. y se distribuye inclinándose hasta cerca de 150 Km. por debajo de los andes.

Estructuras menores existentes cerca de la superficie, principalmente fracturas que se distribuyen desde la fosa hasta más allá de la cordillera oriental con mayor profusión en la costa y porción inicial de la cordillera occidental.

- Hasegawa y Sacks (1981) revisaron el modelo de Snoke et al, con los datos de la red local de 9 estaciones de 1965, operadas por el Instituto Geofísico de la UNSA. Estos autores propusieron para la zona un modelo de subducción uniforme con un ángulo de 30 grados hasta 100 Km. de profundidad, luego la zona de Benioff se desvía subhorizontalmente en la región del Perú central.

- La ruptura de la zona de Benioff puesta en evidencia por Barazangi e Isacks (1979) se interpreta como una torsión rápida de la placa a este nivel.

- Sacks et al (1978), describe e interpreta la sismicidad superficial, bajo el sur del Perú usando datos de alta resolución de la campaña de 1965, operada también por el Instituto mencionado anteriormente, en el que muestra también que los hipocentros delinean un buzamiento de 30° en la zona de Benioff y la existencia de una considerable actividad fuera de la placa y de interés particular manifestando la existencia de una porción asísmica entre los sismos superficiales en la litosfera de subducción y aquella en la litosfera continental.

- Sacks sugiere que esta porción asísmica ocurre porque los esfuerzos compresivos debido a la interacción de las placas oceánicas y continental es contrabalanceado por tensión causada por la inflexión hacia debajo de la litosfera continental, debido al movimiento de arrastre de la subducción. La zona donde no existe esfuerzos, (a profundidades de 40 Km.) incluye las áreas costeras, muestran la ausencia de grandes sismos superficiales en esa región, describiendo además que tierra adentro detrás de la región



de inflexión, los esfuerzos son otra vez adecuados para causar grandes sismos superficiales, y explica al igual que otros estudios sísmicos (e, g., La Forge y Engdahl (1978), para las Aleutinas y Tsumura (1973), para la región Kanto, Japón), son producto de un fenómeno global.

- (Grange 1983). El objetivo fundamental fue la interpretación sismotectónica de la región sur del Perú, precisando las particularidades locales y regionales en base a la determinación de sismos tanto superficiales como intermedios y correlacionandolo con las observaciones geológicas. También menciona que la concentración espacial de los sismos puede traducirse en la aparición de un frente de resistencia que se opone a la subducción, además la sismicidad en la costa revela la existencia de fallas inversas cortantes encima de la placa subduida.

- Thomas M. Boyd (1983), Usando datos referentes a 32 meses de observación sísmica provenientes de la Red sísmica local de Arequipa, y utilizando algoritmos mas refinados para la ubicación de sismos, mostró que la tendencia sísmica son consistentes con aquellos observados por Hasegawa y Sacks (1981), y que la sismicidad indica que la zona de Benioff es continua pero experimenta una variación en su buzamiento. Del mismo modo amplió el trabajo de James et al (1970) para comparar los métodos de tres y cuatro parámetro (3 parámetros: latitud, longitud y profundidad; 4 parámetros. Latitud, Longitud, Profundidad y Tiempo de Origen). Usando los arribos de P y S, para la ubicación de un mismo grupo de eventos para examinar que método es el mas estable; de este modo determinó que el método de 4 parámetros sin la utilización de los datos de la fase S, producía una mayor solución de eventos no convergentes.

De las sucesivas campañas se deduce que la distribución epicentral se presenta uniforme, la actividad sísmica en profundidad adopta el mismo esquema de la Red Mundial , es decir, los sismos superficiales se alinean en la costa y van profundizandose hacia el continente. Por la distribución de los sismos , los proyectos mineros , plantas de beneficio y asientos mineros ubicados a lo largo de la costa o localidades cercanas a ella son los que ofrecen mayor riesgo.

En la campaña de 1980-81 realizado por MIT, la Universidad de Grenoble y con la colaboración del Instituto Geofísico de la

Universidad de San Agustín, se registró un nido de sismos superficiales en la cercanías de la localidad de Caylloma, hecho que debe considerarse para la seguridad de los proyectos en desarrollo.

### **III.7. MAPA DE ACELERACIONES**

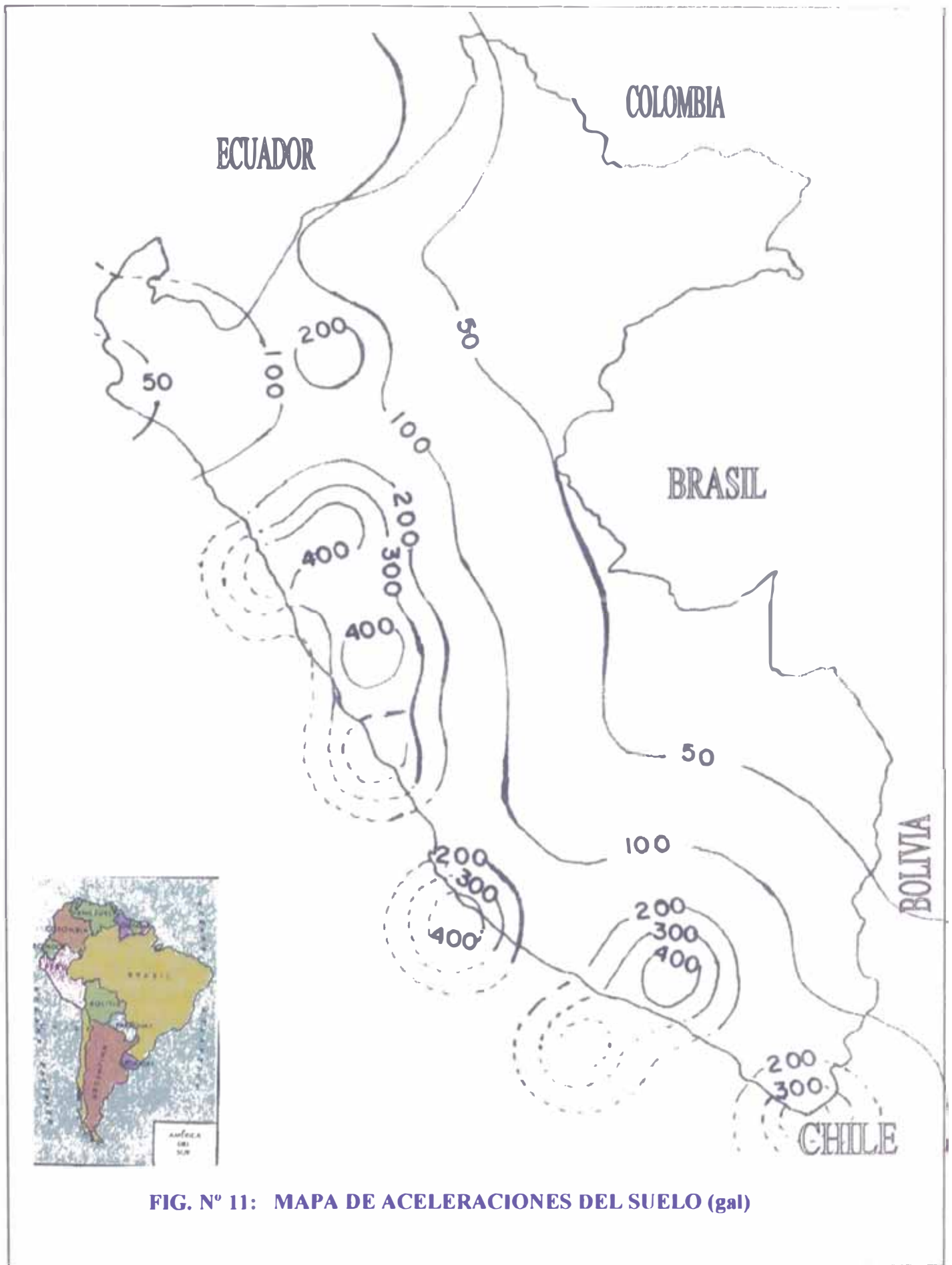
En la figura N° 11, se muestra las máximas aceleraciones correspondientes a una probabilidad de excedencia del 10% para un periodo de 30 años, como puede observarse la aceleración del movimiento sísmico corresponde a valores próximos al 50% de la gravedad, que evidencia el alto peligro sísmico de la región.

En el Sur del Perú las máximas aceleraciones se registran en la costa de Nasca, y en los Departamentos de Arequipa y Tacna, las aceleraciones hacia el interior del continente van decreciendo notablemente hasta alcanzar valores entre 100 y 50 Miligales. Esta información coincide con los otros parámetros como los mapas de isosistas, mapa de máximas intensidades, mapa de liberación de energía, que no hace más que confirmar las zonas o áreas donde debe tenerse el mayor cuidado en lo referente a diseño de estructuras mineras y seguridad de personal..

### **III.8. CALCULO DEL RIESGO SISMICO DE AREQUIPA**

El Perú se encuentra en el cinturón circumpacífico, y la Región Sur concentra un gran porcentaje de la actividad sísmica, constituyendo por esta razón una zona que ofrece un alto riesgo a los eventos sísmicos.

Para este propósito se colectó de los boletines emitidos por el United States Coast and Geodetic Survey hoy United States Geological Survey U.S.G.S., los datos de sismos de magnitud igual o mayor a 4.4 localizados en el área comprendida entre 13° a 18° de latitud sur y entre 69° a 77° de longitud oeste, ocurridos en un periodo comprendido entre 1964 a 1998, estos sismos alcanzan un número total de 991, y su distribución de frecuencia original se presenta en la tabla 1, discriminando entre superficiales ( $h < 70$  km.), intermedios ( $70 < h < 300$  km.) y el conjunto ( $h < 300$  km.).



### CUADRO N° 8

**Distribución de magnitudes de sismos para la región comprendida entre los 13° a 18° Lat. Sur y entre 69° a 77° Log. Oeste, para el periodo 1964 - 1998.**

M	h < 70 km.		70 < h < 300 km.		H < 300 km.	
	n'	n	n'	n	n'	n
4.4	490	2.690	500	2.699	990	2.996
4.5	439	2.642	436	2.639	875	2.942
4.6	386	2.586	372	2.571	758	2.880
4.7	336	2.526	322	2.508	658	2.818
4.8	282	2.450	265	2.423	547	2.738
4.9	238	2.377	219	2.340	457	2.660
5.0	192	2.283	163	2.212	355	2.550
5.1	147	2.167	130	2.114	277	2.442
5.2	99	1.996	96	1.982	195	2.290
5.3	67	1.826	66	1.820	133	2.124
5.4	48	1.681	54	1.732	102	2.009
5.5	31	1.491	41	1.613	72	1.857
5.6	22	1.342	32	1.505	54	1.732
5.7	13	1.114	22	1.342	35	1.544
5.8	-	-	17	1.230	25	1.398
5.9	8	0.903	12	1.079	20	1.301
6.0	3	0.477	8	0.903	11	1.041
6.1	2	0.301	3	0.477	5	0.699
6.2	1	0	1	0	2	0.301

No se han considerado sismos con magnitud inferior a 4.4 en razón de la posibilidad de no haber sido registrados algunos de ellos en varias estaciones y a su posterior omisión en los respectivos boletines.

El periodo elegido se adecua a los registros obtenidos de los boletines de la United States Geological Survey U.S.G.S. asegurando así datos uniformizados y reduciendo la posibilidad de emisiones que se hubieran producido con una red sismográfica menos densa.

de noviembre de 1996 de Nazca donde fallaron algunas relaveras. Esta norma de tres artículos establece que los titulares mineros que tengan depósitos de relaves operativos o inactivos deberán efectuar una evaluación especial de dichos depósitos y ejecutar las labores necesarias a fin de garantizar su estabilidad bajo condiciones estáticas o seudoestáticas, con conocimiento de la DGM y cuyo plazo se ha vencido el 31 de diciembre de 1997.

**Evaluación de la Estabilidad de un Deposito de Relaves.-** Para la inspección de un deposito debe tenerse en cuenta el tipo de disposición, el método de recrecimiento de la presa, sistema de decantación, condiciones de las paredes, condiciones de los filtros, altura del borde libre, además tiene considerarse el riesgo de falla por inundaciones, con esta información será posible la evaluación de la estabilidad física de la relavera.

Adicionalmente es necesario algunos muestreos y ensayos con el propósito de determinar su densidad y resistencia al corte, determinación de la altura de la napa acuífera, análisis de la calidad de efluentes, análisis de partículas en las diferentes zonas del deposito.

**Análisis de la Estabilidad Estática y Dinámica.-** En base a las características de los materiales, la ubicación geográfica y la topografía de los depósitos, se debe evaluar la estabilidad física de las presas de relaves, teniendo en consideración factores como la erosión, inundación y los deslizamientos. En relación a la estabilidad dinámica es importante la determinación de la sismicidad de las diferentes regiones, considerando el alto riesgo sísmico que se presenta sobre todo en la región sur del Perú.

Para evaluar la estabilidad de una relavera es posible la aplicación de métodos como la simulación simplificada que utilizan aceleraciones determinados en el estudio sísmico y características específicas de los materiales. Esto nos permitirá determinar si puede ocurrir una falla en la presa evaluada, sin embargo, no es posible asegurar si dichos relaves están sujetos a licuefacción. Así mismo, mediante un análisis simplificado de estabilidad sísmica es posible estimar el deslizamiento que puede ocurrir después del evento sísmico, el proceso de licuefacción se produce por los altos niveles de aceleración sísmica y el comportamiento de los relaves

variara con las características granulométricas, densidad, nivel de saturación, etc.

**Medidas Correctivas para Mejorar La Estabilidad de Depósitos de Relave.-** Las causas que originan las fallas de los depósitos de relave se deben a desbordamiento, inestabilidad de talud, efectos sísmicos, deficiencias de la cimentación, deficiencias de la estabilidad del dique relacionadas con el flujo de agua subterráneas, deficiencias estructural de obras hidráulicas de control de flujo superficial y de drenaje, etc.

<b>CUADRO N° 11</b>						
<b>CAUSAS DE FALLAS Y ACCIDENTES PARA PRESAS OPERATIVAS Y EN ABANDONO</b>						
Causas	Presas Operativas			Presas en Abandono		
	Fallas	Accidentes	Total	Fallas	Accidentes	Total
-Desbordamiento	13	3	16	4	0	4
-Inestabilidad del Talud	22	18	40	1	1	2
-Sismo	18	5	23	0	10	10
-Fundación	8	10	18	1	0	1
-Flujo Agua Subterránea	10	10	20	0	0	0
-Estructural	7	6	13	0	1	1
-Erosión	0	2	2	0	0	0
-Desplome de Mina	3	0	16	3	0	3
-Desconocido	16	0	16	3	0	3
TOTAL	97	54	151	9	12	21

Fuente Us. Cold (United States Committee on Large Dams), 1994

Del cuadro anterior se deduce que el 80% de las fallas y accidentes en las presas están íntimamente relacionada con la presencia de agua. La inestabilidad de los taludes esta asociado generalmente a la presencia de altas presiones de poro y taludes de fuerte pendiente. Debido a la ocurrencia de un evento sísmico mayor puede generar la licuefacción de sectores de limos, arenosos y arenas finas sumergidas y de densidades bajas presentes en el deposito. La presencia de agua subterránea puede originar normalmente erosión en la parte del dique cuyas densidades son bajas, asimismo, la falla de la cimentación podrían asociarse a flujos de agua subterránea en suelos susceptibles a la erosión interna y deslizamientos que afectan a los materiales de la cimentación

<b>CUADRO N° 12 INCIDENTES POR TIPO DE PRESA</b>				
Tipo de Presa	Fallas	Accidentes	Agua Subterránea	Total
- Aguas arriba	48	27	2	77
- Aguas abajo	6	18	3	27
- Línea Central	1	9	1	11
- Retención de Agua	16	9	6	31
- Desconocido	35	3	1	39
<b>TOTAL</b>	<b>106</b>	<b>66</b>	<b>13</b>	<b>185</b>

En el cuadro N° 12 se observa los incidentes ocurridos por el tipo de presas, las presas del tipo aguas arriba tienen el mayor porcentaje de incidentes (42%); mientras que las presas construidas con el método de la línea central tienen el menor porcentaje de incidentes (6%).

<b>CUADRO N° 13 PRESAS TIPO AGUAS ARRIBA, CAUSAS DE FALLAS Y ACCIDENTES EN EL MUNDO</b>				
	Fallas	Accidentes	Total	%
-Desbordamiento	7	0	7	10
-Inestabilidad del Talud	22	18	40	1
-Sismo	18	8	25	33
-Fundación	14	11	25	33
-Flujo Agua Subterránea	40	4	8	11
-Estructural	2	1	3	4
-Erosión	0	1	1	1
-Desplome de Mina	0	0	1	1
-Desconocido	16	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>27</b>	<b>75</b>	<b>100</b>

Fuente: (Us. Cold (United States Committee on Large Dams), 1994)

En las presas de tipo aguas arriba, las fallas por inestabilidad del talud y efectos sísmicos representan el 67%; las fallas por desbordamiento alcanza un 10%; la falla por erosión interna tiene un 11%; las fallas estructurales un 4%. En estos casos, la presencia del nivel freático alto es el causante de la mayoría de los incidentes.

**Medidas Correctivas Para la Estabilidad de las Relaveras.-** Seguidamente se enunciará las principales medidas correctivas requeridas para mantener o mejorar la estabilidad de los depósitos:

- a) Con la finalidad de eliminar el ingreso de agua en el deposito, proveniente de las precipitaciones pluviales y descargas de agua superficiales, deben construirse cunetas de coronación y canales de desvío.
- b) Para disminuir las fuerzas actuantes que ocasionan el deslizamiento del talud deben procederse a la remoción del material de la cresta del talud.
- c) Reducción del talud aguas abajo a partir de la construcción de una berma en el pie del talud con un apropiado drenaje.
- d) Para incrementar la resistencia al corte de las arenas y lamas que conforman el talud superior debe construirse pilas de grava en la cresta del talud.
- e) Para evitar la formación de lentes de lama en las cercanías a la superficie del talud, deberá construirse un dique de arena gruesa con un ancho mínimo de 4 metros.
- f) Instalación de drenes horizontales para bajar el nivel freático en el deposito.

### **III.9.1. Colapso de los Depósitos de Relave de Otapara (Acari) por la Ocurrencia del Sismo de noviembre de 1996**

En la región de Acari se emplaza una intensa actividad minera, entre la mineralización metálica se distingue una característica regional, marcado por dos generaciones, la primera occidental con emplazamiento de minas de hierro, y la segunda occidental de cobre. Aunque al este de la región se ha determinado mineralización de oro.

En el macizo andino y al este de la zona de hierro se ha desarrollado una importante mineralización de cobre estableciéndose 2 etapas principales de generación de minas de cobre dando lugar a más de 200 vetas como relleno de fracturas y fallas.

La actividad sísmica regional determinada mediante la red mundial y estaciones regionales, nos indica que los sismos superficiales se distribuyen en la costa y los de profundidad intermedia en el continente. Los eventos sísmicos de la región pueden producir serias repercusiones en la localidad de Acari, el último sismo de



noviembre del año 1996 cuyos parámetros es 14.993 de latitud sur y 75.675 de longitud oeste, con una profundidad de 33 kilómetros y una magnitud de 6.5, ocasionó el deslizamiento de un gran sector de los relaves de Otapara.

Estos depósitos forman parte de la intensa actividad minera de la región, donde los principales minerales son el cobre, fierro y oro. Es posible inferir que antes de la ocurrencia del movimiento sísmico estos depósitos se encontraban en una posición inestable por la forma de su disposición y por la cantidad de finos altamente saturados, por estas consideraciones al producirse el movimiento sísmico ocasionó un deslizamiento de grandes proporciones que represó el río Acarí, registrandose la muerte de un obrero, pérdida de ganado y daños a los terrenos agrícolas.

En la siguiente vista fotográfica Nro 1, se observa claramente el estado en que se encuentra el talud de la relavera luego de los deslizamientos de noviembre de 1996, relaves que han sido depositados a través de decenas de años con evidencias notorias de la falta de planificación, sin la consideración de criterios técnicos y que han dado lugar a una manifiesta inestabilidad del talud por la alta saturación del depósito y por la pendiente pronunciada.

En noviembre de 1996, éste deslizamiento ocasionó la pérdida de vida de uno de los trabajadores de la relavera, de ganado vacuno y considerables daños de terreno de cultivos en el otro extremo de la ribera del río. De no controlarse adecuadamente el drenaje ácido podría ocasionar algún efecto en la agricultura, considerando que entre Acarí y Bella Unión existe en la actualidad alrededor de 4 800 Has .de superficie agrícola.

En la vista N° 2 , 3 y 4 es posible observar la magnitud de los deslizamientos y la cantidad de drenaje ácido que se genera en el depósito. Asimismo, la captación de los mismos para su disposición en zonas seguras.

Considerando la topografía del lugar y lo reducido del área disponible, creemos que es necesario su cierre definitivo y proceder a la rehabilitación del área mediante un sistema adecuado de drenaje de los efluentes contaminantes y un encapsulamiento mediante cubierta vegetal. Aunque de acuerdo a la evaluación realizada somos de la opinión que resultaría sumamente difícil ejecutar las recomendaciones propuestas por el alto costo que representaría su adecuación.

## DEPOSITOS DE RELAVE DE OTAPARA



**FOTO N° 01: En la imagen se observa el estado en que se encuentra el talud de la relavera de Otapara, Acari luego de los deslizamientos ocasionados por el sismo de noviembre de 1996.**



**FOTO N° 02: Vista panorámica de la magnitud de los deslizamientos en Otapara, Acari (sismo 1996).**

## **DEPOSITOS DE RELAVE DE OTAPARA**



**FOTO N° 03 : Vista parcial de los depósitos de relave de Otapara, Acari y medidas de evacuación de los efluentes.**



**FOTO N° 04 : Vista de la toma de muestra en la relave colapsada en Otapara, Acari( sismo 1996 ).**

En el cuadro N° 14 se dan los valores de muestras tomadas en dos sectores de la relavera, y es posible determinar el alto contenido de metales pesados y el grado de acidez.

**CUADRO N° 14**

**ANALISIS DE EFLUENTES LIQUIDO DE LOS DEPOSITOS DE RELAVE**

	MUESTRA 1	MUESTRA 2
PH	4,10	3,90
CONDUCTIVIDAD U Mhs/cm	5100,00	5100,00
Fe mg/lt	21,92	320,00
Cu mg/lt	30,52	37,20
Zn mg/lt	3,20	3,26
Pb mg/lt	0,88	0,90
Cr mg/lt	0,10	0,26

**II.9.2. Comentario sobre los Riesgos Ambientales en Depósitos de Relaves por la Ocurrencia de Sismos**

Existen experiencias recientes en el país de deslizamientos de depósitos de relaves por la ocurrencia de sismos en la región sur de nuestro territorio. Efectos que se tomará en cuenta para la evaluación de las principales minas del Departamento.

Del estudio sísmico de Arequipa, se deduce la importancia que reviste ser considerado en el desarrollo de la actividad minera en primer termino por la seguridad de la infraestructura, del personal y su posible influencia en la contaminación ambiental, sobre todo a partir de fallas que pueden producirse en los depósitos de relaves y en otras operaciones mineras.

Los efectos de los eventos sísmicos tienen una repercusión regional mientras que los otros fenómenos naturales tienen una influencia mas bien local, en cualquier caso deberán tomarse en cuenta tanto en la fase inicial como en el proceso de desarrollo y de explotación.

Por los estudios de isosistas de sismos ocurridos en la región, por la información obtenida de las campañas sísmicas y del procesamientos de información de la Red Mundial de estaciones sismológicas, se han precisado sectores en el departamento de Arequipa que ofrecen mayores riesgos tanto a las poblaciones como a actividades industriales, como en el caso particular en asientos mineros.

Indudablemente que el sector de mayor riesgo se encuentra en la costa así como en las zonas cercanas a Arequipa. Por ello, las minas, las plantas de beneficio y los depósitos de relaves están expuestos particularmente a los embates de los terremotos. Podemos afirmar que las empresas mineras que operan por ejemplo en las zonas de Chala, Caravelí, Yauca, Cerro Verde, Yarabamba, Ocoña, Yanaquihua, Yura, Atico, etc. serían los mas vulnerables.

Sin embargo, por su ubicación, por las condiciones geológicas y por la calidad de su infraestructura, algunas de ellas ofrecen mayor vulnerabilidad a los eventos sísmicos, como es el caso de las minas y plantas de beneficio del sector de Chala, Caraveli y Acarí, tal como lo ocurrido en la Planta Belén de Chala y la Planta de Otapara cuyos depositos de relave colapsó debido a la ocurrencia del sismo de Nazca de 1996. En el caso de Cerro Verde que se encuentra situado en las cercanías de Arequipa y donde se ha registrado las mayores intensidades sísmicas, ha nuestro criterio no ofrece una gran vulnerabilidad, por las condiciones reinantes y particularmente por la seguridad establecida en las diferentes operaciones mineras. Asimismo, debemos mencionar que el depósito de relave antiguo de Cerro Verde no ofrece ningún riesgo por su ubicación.

La distribución de epicentros, los mapas de isosistas, las distribución de máximas intensidades registradas y la distribución de las máximas aceleraciones, corroboran lo afirmado en el párrafo anterior. Las minas situadas en las partes altas de Arequipa y que tienen una importancia fundamental en la producción de plata y oro, como las Empresas mineras Orcopampa, Arcata, Caylloma y Ares; no tienen una vulnerabilidad extrema. Todas ellas tienen deposito de relaves pero por su configuración y ubicación las de Arcata y Orcopampa no ofrecería una vulnerabilidad manifiesta. Sin embargo por las condiciones geológicas y geofisicas y el tipo de presa, en la relavera en construcción de la Mina Ares deben adoptarse medidas de seguridad adicionales ya que en la fase de construcción se presentó fallas que luego han sido subsanadas.

En el caso de los depósitos de relaves de las plantas de beneficio por oro ubicadas en las localidades de Chala, Jaquí, etc. son extremadamente vulnerables a los movimientos sísmicos por la inestabilidad del talud derivado fundamentalmente por las condiciones topográficas del lugar, por la falta de un sistema de decantación adecuado y taludes de fuerte pendiente. El caso descrito anteriormente en relación al depósito de relave de Otapara, como se ha dicho el colapso originado por el sismo de noviembre de

1996 se debió fundamentalmente a la fuerte pendiente, la gran saturación del depósito y a la falta de un control de la granulometría y densidad.

En la totalidad de los casos descritos anteriormente deberán adoptarse medidas correctivas que subsanen las apreciaciones vertidas líneas arriba es decir, el control de la pendiente, el control de las aguas y de las altas presiones de poro y evitar fundamentalmente el proceso de licuefacción y desplome por gravedad.

## **CAPITULO IV ASPECTOS CLIMATOLOGICOS**

### **IV.1. INTRODUCCION**

Nuestro territorio se encuentra localizado en la región tropical, sin embargo por diferentes factores el medio ambiente natural contiene casi todas las regiones naturales del planeta, tiene una gran diversidad y heterogeneidad térmica, pluvial, lumínica , eólica, etc.

Considerando la importancia que reviste el conocimiento real de las condiciones climatológicas y particularmente el nivel de la precipitaciones y adicionalmente los factores topográficos es que, se aborda con cierta amplitud estos parámetros que podrían influir en el desarrollo minero, en la seguridad del personal e infraestructura así como en otras actividades económicas.

La región de la costa por su localización en el trópico, debería tener entre 1300 a 1500 milímetros de precipitación anual, pero en la realidad sólo en lo que respecta a la parte sur alcanza entre 0 y 50 milímetros, aunque excepcionalmente puede llegar a 250 milímetros en algunas de las lomas, la temperatura tiene un promedio anual de aproximadamente 19 grados centígrados y alta humedad sobre todo en la época de invierno. Estos factores podrían intervenir en la generación de efluentes ácido cuando existe las condiciones geológicas necesarias. En el caso particular de Arequipa los yacimientos de las partes altas por las condiciones meteorológicas y mineralógicas son susceptibles a la generación de drenaje ácido, las plantas de cianuración instaladas en las localidades de Chala, Jaquí, Ocoña, Caravelí, etc. sí podrían tener una incidencia importante a las comunidades cercanas a ellas, como lo observado en la localidad de Chala , donde el análisis preliminar de las aguas del reservorio alcanzan 0.008 mg/l de cianuro y alto contenido de sales , por tanto, es digno de profundizar su evaluación. En el presente año debido al efecto del fenómeno El Niño todos los ríos y quebradas del Departamento de Arequipa han ingresado, por lo que, las minas y plantas ubicadas en estos sectores deben de adoptar las seguridades del caso, asimismo los futuros prospectos deben tener en cuenta este tipo de evento.

La región Yunga o valle cálido por su escasa vegetación da lugar a una intensa erosión , produciéndose de esta manera huaycos destructores , cuyo volumen guarda relación con la intensidad de precipitación. Las inundaciones constituyen uno de los mas graves

fenómenos geográficos que afectan el Perú; se deben principalmente al comportamiento de las tierras áridas de la Yunga, combinación con el relieve y las precipitaciones estacionales. Observamos que los huaycos e inundaciones sólo destruyen generalmente poblados de origen reciente de allí la necesidad de lo expresado anteriormente que deben considerarse estos factores en el desarrollo minero. La temperatura de la región Yunga fluctúa entre 2 y 27 grados durante el día y las precipitaciones tienden a fluctuar entre 400 y 1000 mm durante el verano. En Arequipa tenemos ejemplos como lo ocurrido en las minas Ocoña en el presente año de 1998.

En la región Quechua ( 2300 a 3500 m.s.n.m.) se encuentra importantes prospectos mineros, ésta región se ubica en los declives Oriental y Occidental del sistema andino . En general, el clima dominante en la Región QUECHUA es templado y agradable; con notable diferencia de temperatura entre el día y la noche. La temperatura media anual fluctúa entre 11 y 16 grados centígrados; las máximas entre 22 y 29 grados centígrados; y las mínimas entre 7 y -4 grados centígrados durante el invierno.

En la Región QUECHUA correspondiente al declive occidental de los Andes, se presentan durante el verano abundantes neblinas, garúas y lluvias que provienen de la evaporación del agua del océano Pacífico. En esta región por lo general las precipitaciones superan los 1,000 milímetros, en el presente año por la ocurrencia del fenómeno El Niño se han registrado intensas precipitaciones en las partes altas de Arequipa dando lugar a huaycos que ocasionaron graves daños a la infraestructura vial, a la agricultura y a instalaciones mineras como las de Madrigal que ya se encontraba paralizadas hace algún tiempo.

Las regiones Suni, Puna y Janca , cuyas altitudes oscilan entre los 3500 metros y a mas de 5000 metros sobre el nivel del mar, las temperaturas tanto máximas como mínimas son extremas que van desde los 20 grados a menos 25 grados centígrados y la precipitación es sumamente variable que oscila entre 200 y 1000 mm, las minas ubicadas en estas regiones definitivamente por las condiciones meteorológicas y mineralógicas son susceptibles a generar drenaje ácido

Se desarrollará con cierta amplitud la hidrografía, hidrología, usos y diferentes parámetros de cada una de las cuencas existentes en Arequipa, con la finalidad de evaluar las condiciones de los



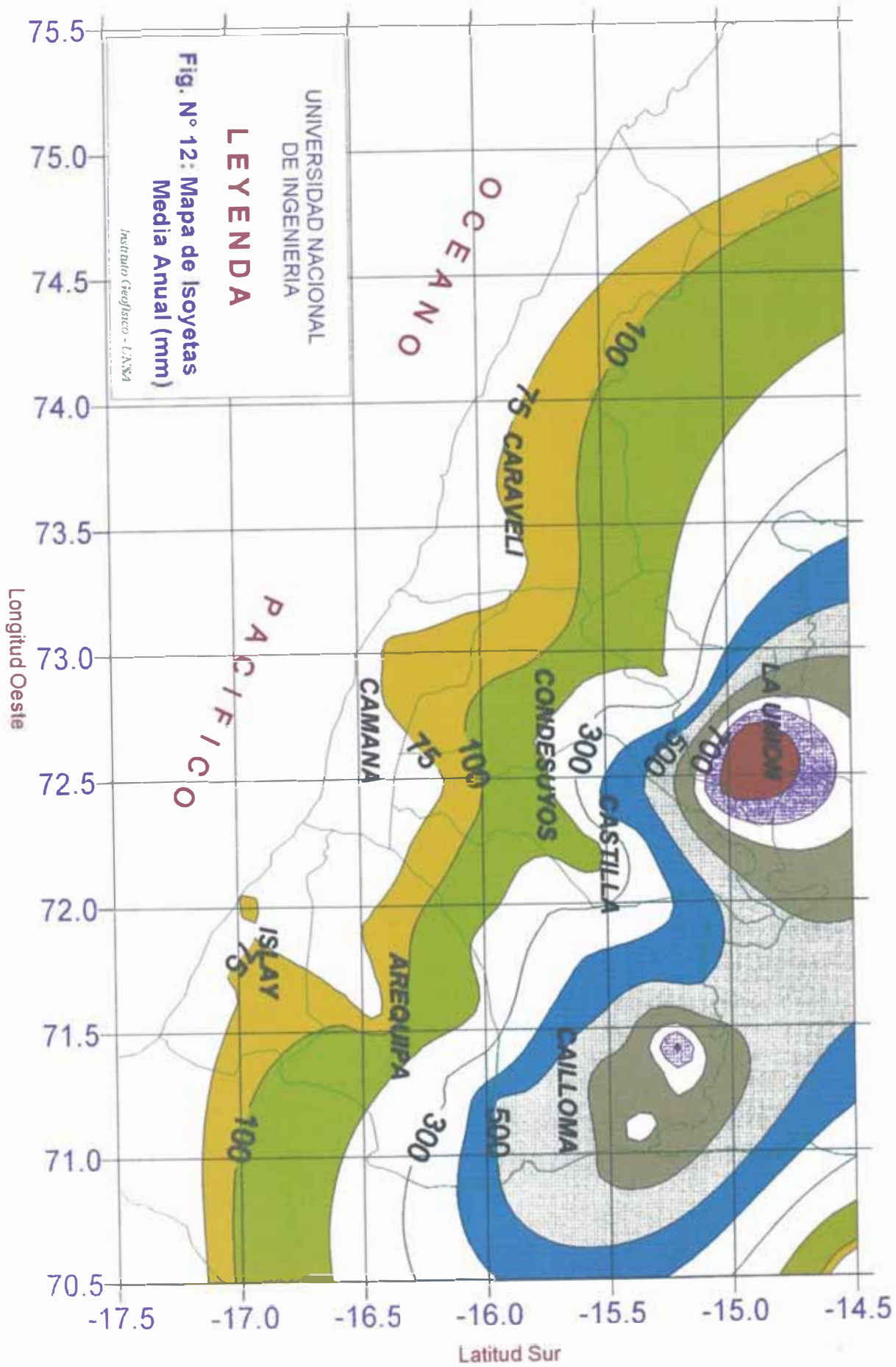
recursos hídricos y que incidencia podría tener con relación a la actividad minera.

#### IV.2. MAPA DE ISOYETAS

A partir de la información de las estaciones meteorológicas, concretamente de las precipitaciones pluviales se ha logrado elaborar un mapa de isoyetas para el departamento de Arequipa, donde se observa con claridad que los índices de precipitación puede catalogarse como moderada, las curvas como es de suponer siguen el rumbo de los accidentes geográficos. De la Figura N° 12 se deduce que los valores mínimos se registran a lo largo de la zona costera y van aumentando a medida que ingresamos al continente, los máximos valores se encuentran en las provincia de Caylloma, Condesuyos y áreas aledañas, justamente en las cercanías de las principales minas de Arequipa como son Ares, Arcata, Shila, Orcopampa, Caylloma, etc., los valores alcanzan hasta 800 mm.

**CUADRO N° 15**  
**ESTACIONES METEOROLOGICAS**

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PRECIPITACION
1. Sta. Isabel de Sigwas	16-19-00	72-06-00	1,360	4.5
2. Pampa de Majes	16-21-00	72-10-00	1,438	9.2
3. Socabaya	16°27'45"	71-31-30	2,300	73.3
4. La Pampilla	16-23-50	71-31-20	2,350	63.5
5. Characato	16-28-00	71-29-00	2,451	141.7
6. Arequipa - Corpac	16-21-00	71-33-00	2,525	105.3
7. Chihuata	16-23-45	71-25-40	2,850	120.4
8. Lluta	16-00-45	72-00-46	3,000	144.8
9. Huanca	16-01-32	71-52-38	3,080	222.2
10. Pampa de Arrieros	16-03-46	71-35-10	3,741	172.4
11. El Frayle	16-09-00	71-11-00	4,015	300.5
12. Aguada Blanca	16-15-00	71-20-00	3,725	289.0
13. Sumbay	15-58-50	71-21-45	4,150	329.8
14. Pillones	15-58-44	71-12-46	4,200	513.2
15. Salinas	16-18-15	71-08-00	4,320	269.9
16. Imata	15-50-14	71-05-18	4,405	542.9
17. Mollendo	17-01-00	72-00-45	13	10.8
18. Punta de Islay	16-59-52	72-05-36	45	21.6
19. Hda. Pampa Blanca	17-04-28	71-43-14	114	15.6
20. Haciendita	17-00-00	71-36-30	250	15.0
21. La Joya	16-36-00	71-55-00	1,270	4.5
22. Camaná	16-38-00	72-42-00	40	75.0
23. Pampata Hda.	16-33-00	72-42-00	100	15.0
24. Santa Elena	16-11-00	72-29-00	473	15.0
25. Aplao	16-05-00	72-30-00	610	15.0
26. Ayo	15-41-00	72-16-00	2,000	97.5



27. Choco	15-34-00	72-08-00	2,473	171.9
28. Chuquibamba	15-50-00	72-39-00	2,880	200.0
29. Pampacolca	15-43-00	72-34-00	3,000	200.0
30. Chachas	15-30-00	72-16-00	3,055	226.5
31. Machahuay	15-39-00	72-31-00	3,150	281.9
32. Madrigal	15-37-00	71-48-00	3,262	400.0
33. Cabanaconde	15-37-00	71-59-00	3,287	412.7
34. Huambo	15-44-00	72-07-00	3,332	291.2
35. Yanque	15-38-00	71-40-00	3,417	412.5
36. Andahua	15-30-00	72-21-00	3,587	455.6
37. Chivay	15-38-00	71-36-00	3,633	446.6
38. La Calera	15-37-00	71-35-00	3,650	524.6
39. Orcopampa	15-16-00	72-21-00	3,779	514.6
40. Sibayo	15-29-00	71-27-00	3,810	555.0
41. Huinco	15-16-00	71-27-00	4,000	881.8
42. Pulpera	15-37-00	71-25-00	4,042	535.0
43. Tisco	15-21-00	71-27-00	4,188	641.5
44. Polpera - Puro Puro	15-21-00	71-19-00	4,200	640.0
45. Morocaque	15-37-00	71-03-00	4,430	538.9
46. Yanaconcha	15-29-00	71-22-00	4,450	649.8
47. Crucero Alto	15-46-00	70-55-00	4,500	601.1
48. Pañe	15-25-00	71-04	4,524	731.3
49. Pulhuay	15-04-00	72-26	4,600	800.0
50. Punta Atico	16-12-00	73-37	20	75.0
51. Caraveli	15-47-00	73-22	1,779	75.0
52. Ocoña	16-26-00	73-06	38	75.0
53. Urasqui	16-02-00	73-10	338	75.0
54. Chichas	15-33-00	72-55	2,100	153.9
55. Tomepampa	15-11-00	72-50	2,650	216.0
56. Cotahuasi	15-13-00	72-53	2,683	216.0
57. Yanquihua	15-46-00	72-52	3,030	118.2
58. Salamanca	15-31-00	72-50	3,203	290.8
59. Puica	15-03-00	72-41	3,662	703.7
60. Chincayllapa	14-57-00	72-43	3,800	778.5
61. Sayrosa	14-55-00	72-40	4,200	846.7

**CUADRO N° 16**  
**CUENCA DE LOS RIOS QUILCA Y TAMBO**

ALTITUD (m.s.n.m.)		PRECIPITACION (mm.)
0	1,800	15
1,800	2,300	70
2,300	3,100	160
3,100	3,400	200
3,400	3,900	350
3,900	4,500	400
4,500	6,000	600

**CUADRO N° 17**  
**CUENCA DE LOS RIOS MAJES Y CAMANA**

	<b>ALTITUD (m.s.n.m.)</b>	<b>PRECIPITACION (mm.0)</b>
0	1,700	15
1,700	2,200	75
2,200	3,000	200
3,000	3,900	400
3,900	4,800	650
4,800	6,000	800

**CUADRO N° 18**  
**CUENCA DE LOS RIOS ATICO, CARAVELI Y OCOÑA**

	<b>ALTITUD (m.s.n.m.)</b>	<b>PRECIPITACION (mm.)</b>
0	2,200	75
2,200	3,200	216
3,200	3,600	325
3,600	3,900	600
3,900	4,800	800
4,800	6,000	900

### **IV.3. ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RIO QUILCA Y TAMBO**

#### **IV.3.1. Hidrografía de la Cuenca del Río Quilca**

La vertiente del Pacífico o vertiente Occidental, tiene una extensión aproximada de 290,000 km<sup>2</sup>., que equivale al 22% del área total del país y da origen, como consecuencia de las precipitaciones y del deshielo de los nevados y glaciales en su parte alta a 52 ríos que discurren hacia el Océano Pacífico, siguiendo una dirección predominante hacia el SW. El río Quilca forma parte de esta vertiente, encontrándose situado en el sector meridional de la Costa del país.

El sistema hidrográfico del río Quilca tiene su origen en un grupo de pequeñas lagunas ubicadas en las partes altas de la cuenca y en las precipitaciones estacionales y deshielos de los grandes nevados que lo circundan. Inicialmente, estos caudales de agua han dado origen por la margen derecha a una serie de quebradas que originaron el río Siguan, por el sector central al río Yura y por la margen izquierda a los ríos Sumbay y Blanco; estos dos últimos en su confluencia, aguas abajo de la quebrada Jatumpalca,

originan el río Chili, el cual es uno de los principales ríos de esta cuenca y recibe por su margen izquierda la afluencia del río Andamayo. El río Chili, en su confluencia por la margen derecha con el río Yura, uno de los formadores iniciales, da origen al río Vitor, el cual en las cercanías del litoral, en su confluencia con el río Sigwas, principal formador por la margen derecha origina el río Quilca.

El sistema hidrográfico de la cuenca, formada básicamente por dos redes hidrográficas (ríos Sigwas y Vitor), difiere en su morfología de la mayoría de los ríos de la Costa, estando formado por dos hoyas hidrográficas que se unen en la cercanía del litoral; son de fondo profundo y quebrado, de regular pendiente y estrechas gargantas, estando limitadas en relación con las cuencas vecinas por cadenas de cerros que en dirección al Océano Pacífico, muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres.

#### CUADRO N° 19

##### CARACTERISTICAS DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA CUENCA DEL RIO QUILCA

CUENCA	AREA H_MEDA	EN SECA	KM2 TOTAL	LONGITUD (km.)	PENDIENT E %
1. Quilca (hasta desembocadura)	7,594	4,361	11,955	310	1.52
2 Vitor (hasta confluencia con río Sigwas)	6,268	3,434	9,702	286	1.59
3. Sigwas	1,326	475	1,601	136	3.42
4 Chili (hasta confluencia con río Yura)	5,067	1,028	6,095	210	1.52
5. Yura	1,195	269	1,464	88	3.75
6. Andamayo	711	333	1,044	49	4.39
7. Chili (hasta Est. Charcani)	4,145		4,145	153	1.27
8. Chili (hasta Aguada Blanca)	3,980		3,980	134	0.76
9. Sumbay (hasta confluencia con río Blanco)	2,476		2,476	126	0.78
10. Blanco	1,207		1,207	73	1.07
11. Sumbay (hasta Est. Imata)	555		555	46	0.60
12. Blanco (hasta el Frayle)	1,087		1,087	58	0.95
13. Laguna Las Saunas	642		642		

### **IV.3.2. Hidrología del Río Quilca**

#### **1 Descripción General**

El desarrollo que viene alcanzando la ciudad de Arequipa y la región circundante a ella en los aspectos urbano, industrial y agrícola han planteado esquemas de utilización muy particular por su complejidad.

El sistema se alimenta principalmente por los recursos hídricos pertenecientes a la cuenca del río Quilca, complementados estos con las derivaciones provenientes de la cuenca alta del río Colca. Cuenta con tres reservorios que suman una capacidad de regulación total de 340 millones de m<sup>3</sup>., además de un canal colector derivado de aproximadamente, 68 km. de longitud; dos de los reservorios, El Fraile (200 millones de m<sup>3</sup>.) y Aguada Blanca (45 millones de m<sup>3</sup>.), se encuentran en la cuenca del río Chili, hallándose el tercero, reservorio Pañe (95 millones de m<sup>3</sup>.), en la cuenca del río Colca así como la Presa de Condoroma ( 240 millones de m<sup>3</sup>).

Los recursos hídricos del río Quilca se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta, las cuales aumenta durante los meses de diciembre a marzo; el deshielo de los nevados ubicados dentro de la cuenca tiene muy poca incidencia en el escurrimiento, ya que estos son bastante escasos. El área total de nevados cubre una extensión aproximada de 90 km<sup>2</sup>. y entre los mas importantes cabe mencionar: Ampato, Nocarane, Chachani, Misti, Sabancaya y Pichupichu, siendo el mas alto de ellos el Ampato que alcanza una altura de 6,288 m.s.n.m.

El río Quilca, viene a ser la continuación del río Vítor, que cambia de nombre en el lugar en que este recibe, por su margen derecha, al río Siguas. Siguiendo el sentido hacia aguas arriba, el río Vítor viene a ser la continuación del río Chili, el que cambia de nombre al recibir al río Yura por su margen derecha. Como afluente importante del río Chili, debe mencionarse al río Andamayo o Socabaya, el que se une al cauce principal por la margen izquierda y a unos 5 km. aguas abajo de la ciudad de Arequipa; por su parte, el río Chili esta formado por la confluencia de los ríos Sumbay y Blanco, de los cuales, el primero es la continuación, hacia aguas arriba del cauce principal.

El volumen promedio anual de descarga del río Chili, obtenido en base a los registros corregidos de la estación de aforos de Charcani, corresponde a un modulo anual de 11.33 m<sup>3</sup>/seg., habiéndose estimado con esta cifra el rendimiento medio anual, para la cuenca húmeda, en 86,200 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

## 2. Análisis General

La cuenca del río Chili presenta un rendimiento hídrico superficial relativamente bajo, comparado con los correspondientes a las cuencas vecinas de Camaná - Majes y Tambo; estas cuencas muestran rendimiento medios anuales de 233,5501 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. y 134,480 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>., respectivamente, mientras que la cifra calculada para la cuenca del río Chili es de 86,200 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. Si se tratara de hallar una explicación a este fenómeno, podría tratarse de localizar algún factor fisiográfico causante de alteraciones locales en el régimen de lluvias.

La mayor demanda de agua en la región ha obligado la ejecución de obras de regulación en la zona, a fin de solucionar el problema de la falta de recurso, sobre todo en el periodo de estiaje.

## 3. Control de Calidad de las Aguas

De los trabajos de investigación de la calidad del agua con fines de riego. se desprende, en líneas generales, que la salinidad y el contenido de sodio se incrementan a medida que se desciende de la cuenca alta hacia el litoral.

El control efectuado en los ríos Chili y parte alta del Vitor, han arrojado un contenido de sales y sodio bajos (C1S1); ello indica que, por su salinidad, son buenos para el riego de diferentes cultivos, siendo de uso peligroso solo en suelos muy impermeables de difícil drenaje interno; por su sodicidad, no son de uso peligroso.

**CUADRO N° 20**  
**MAXIMAS AVENIDAS PROBABLES DEL RIO CHILI**  
**(Estación de Aforos de Charcani)**

Periodo de Retorno (Años)	Máximas Avenidas Probables (m <sup>3</sup> /seg.)
100	365
50	305
20	235
10	188
5	142

Los resultados en otros sectores del río Vítor, arrojan resultados variables, presentando un contenido de sales de entre medio y alto (C3) a alto (C4) y de sodio, de bajo (S1) a medio (S2); ello, para los casos extremos, estaría indicando que el recurso, peligroso en suelos de textura fina a arcillosa con alta capacidad de cambio, especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso, pudiendo emplearse en suelos de textura gruesa entre arenosa y franca u orgánicos con permeabilidad adecuada.

El río Quilca presenta, un contenido de sales alto y medio de sodio (C4S2); ello significa que, por su salinidad, es solo utilizable para plantas tolerantes y suelos permeables y donde puedan ser necesarios lavados especiales para remover las sales; y que, por su sodicidad, presentan peligro de uso en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio, especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso, pudiendo emplearse en suelos de textura gruesa entre arenosa y franca u orgánicos con permeabilidad adecuada.

En la parte alta del valle de Sigüas, presenta un contenido de sales moderado y bajo de sodio (C2S1); lo que permite indicar en dicho punto, por su salinidad, el agua es de buena calidad para cultivos que se adaptan o toleren moderadamente la sal, presentando peligro de usarse en plantas muy sensibles y suelos impermeables; y que por su sodicidad, no muestran limitaciones de uso. La muestra obtenida en la parte baja del valle citado, arroja un contenido de sales entre medio y alto y bajo de sodio (C3S1), lo que debe interpretarse como que el recurso discurrente, por su salinidad, deberá emplearse en suelos de buena permeabilidad, debiendo el cultivo seleccionado ser tolerante a la sal; y que, por su sodicidad, no plantea problemas de uso.

Se realizaron algunos análisis en las quebradas Mococho, Gallinazos y San Luis, ya que estas conducen en la actualidad el agua de retorno de la Irrigación La Joya que es utilizada en el valle de Vítor y en la Irrigación La Cano. Los resultados son variables, oscilando el contenido de sales de entre medio y alto (C3) a muy alto (C5) y el de sodio de medio (C2) a muy sódico (S3). La muestra tomada en la quebrada Mococho presenta un contenido de sales entre medio y alto y es muy sódica (C3S3). El control efectuado en la quebrada Gallinazos señala que el agua es de salinidad entre media y alta y de sodicidad media (C3S2); lo que debe interpretarse como que, por su salinidad, deberá emplearse en suelos de buena permeabilidad y en cultivos seleccionados como tolerantes a las sales; y que, por su sodicidad, presentan peligro de uso en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio. De la muestra tomada en la



quebrada San Luis, la de uso mas peligroso es la que presenta un contenido de sales muy alto y sodicidad media (C5S2); lo que significa que por su salinidad, solo pueden emplearse para plantas muy tolerantes, suelos muy permeables y donde puedan aplicarse lavados frecuentes para remover el exceso de sales; ajustándose, por su sodicidad, a las limitaciones del control efectuado en la quebrada Gallinazos.

Las sales imperantes en las muestras tomadas en el río Chili, son los Bicarbonatos de Sodio, Calcio y Magnesio; en el río Vitor, son los Cloruros y Sulfatos de Sodio; en el río Quilca, el Sulfato de Sodio y en el río Siguas, el Bicarbonato de Calcio; en las quebradas Mococho y Gallinazos, la sal imperante es el Cloruro de Sodio y en la quebrada San Luis, el Sulfato de Calcio.

El contenido de Boro, en la casi totalidad de las muestras, no representa ningún peligro, estando debajo del limite permisible, aún para cultivos no tolerantes; escapan a esta generalización las tomadas en las quebradas San Luis y Moroco, ya que en el caso de la primera el recurso es excelente a bueno para cultivos tolerantes y bueno a aceptable para cultivos no tolerantes; y en el caso de la segunda quebrada, el recurso es bueno a aceptable para cultivos tolerantes y dudoso a inadecuado para cultivos no tolerantes. El pH de las muestras varia de 5.6 y 8.0, valor que se incrementa de la cuenca alta hacia e litoral.

#### **4. Aguas Subterráneas**

La explotación de aguas subterráneas es poco significativa en la cuenca del río Quilca, debido principalmente al pequeño volumen que se extrae en comparación con el volumen de agua superficial utilizada.

El déficit estacional originado en los valles de Chili y Socabaya y afluentes por la irregularidad del régimen de descargas de los ríos que los sirven es cubierto en forma parcial mediante la explotación de agua subterránea. Adicionalmente, se estableció la existencia de fuentes naturales de aguas subterráneas que afloran como filtraciones y recuperaciones en el mismo cauce del río Chili y como manantiales, puquios y ojos de agua localizados en los alrededores de Tingo, Yumina y Cerrillos, cuyo recursos se destinan en su totalidad para uso agrícola.

El valle de Vitor es, de todos los valles que conforman el área agrícola de la cuenca del río Quilca, en el que las aguas

subterráneas son mas intensamente utilizadas, ya que emplea de retorno de la irrigación La Joya que aflora como filtraciones en las quebradas Mococho, Gallinazos y San Luis.

En los valles de Siguan y Quilca, la explotación de las aguas subterráneas para la agricultura es prácticamente nula, debido principalmente, en el primer caso, a factores tales como escasos recursos económicos de los agricultores y profundidad de la napa freática, entre otros, y en el segundo caso, a que el valle de Quilca cuenta con las elevadas descargas del río que lo sirve.

#### **IV.3.3. Hidrografía de la Cuenca del Río Tambo**

El río Tambo tiene su origen en la desembocadura de los ríos Paltutire (afluente por la margen derecha) e Ichuña (afluente por la margen izquierda), en las cercanías de la localidad de Arata. Aguas abajo, recibe por la margen izquierda las aguas de su afluente más importante, el río Coalaque (2,388 km<sup>2</sup>).

La cuenca del río Tambo cuenta con una longitud máxima de recorrido, desde sus nacientes hasta su desembocadura, de 276 km.. Asimismo, presenta un área total de 12,454 km<sup>2</sup>., de los cuales corresponde 8,149 km<sup>2</sup>. a la cuenca húmeda o imbrífera.

El curso del río Tambo es fuertemente sinuoso, especialmente en los sectores altos; aguas abajo de las alturas de San Cristóbal, empieza a suavizarse el perfil, mostrando a la altura de la quebrada Linga (Hdas. Buena Vista y Primavera) un alineamiento bastante recto con el cual desemboca en el Océano Pacífico.

#### **IV.3.4. Hidrología del Río Tambo**

La cuenca del río Tambo tiene una extensión de, aproximadamente, 12, 454 km<sup>2</sup>., de la cual el 69 % ósea 8,149 km<sup>2</sup>., corresponden a la cuenca imbrífera o húmeda, denominada así por encontrarse por encima de los 3,000 m.s.n.m., cota fijada como limite del área seca y a partir de la cual puede considerarse que la precipitación pluvial es un aporte efectivo al escurrimiento superficial.

**CUADRO N°21**  
**CARACTERISTICAS DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA**  
**CUENCA DEL RIO TAMBO**

CUENCA	AREA HUMEDA	EN SECA	KM2 TOTAL	LONGITUD (KM)	PENDIENT E %
1. Tambo (hasta desembocadura)	8,149	4,305	12,454	276	1.59
2. Tambo (hasta Est. Chucarapi)	8,149	4,243	12,392	251	1.70
3. Tambo (hasta desembocadura del Coalaque)	3,515		3,515	88	1.93
4. Coalaque	2,388		2,388	110	1.91
5. Coalaque (hasta Est. Coalaque)	2,143		2,143	94	1.27
6. Vizcachas	1,169		1,169	66	1.14
7. Vizcachas (hasta Est. Pasto Grande)	560		560	30	0.83
8. Paltuture	1,288		1,288	56	1.52
9. Ichuña	1,302		1,302	57	1.84

El valle de Tambo, que cuenta con una extensión agrícola neta de, aproximadamente, 12,332.21 Ha., en la que se incluye el área de la irrigación de Ensenada, Mejía y Mollendo, obtiene el agua necesaria para su desarrollo en forma casi exclusiva del escurrimiento natural del río Tambo ya que, por una parte, no existen obras de regulación en su cuenca y por otra parte, la explotación del agua del subsuelo es exigua. En la actualidad hay ciertos problemas derivados de la utilización de aguas para el Proyecto Pasto Grande.

La información pluviométrica existente es relativamente buena si se le compara con la que cuentan la mayoría de las cuencas de la vertiente del Pacífico. De esta información, se ha podido establecer que las lluvias se presentan con mayor intensidad entre los meses de Diciembre y marzo, estando el periodo mas seco comprendido entre los meses de Junio y Agosto; se ha calculado, además, en forma aproximada, que la precipitación media anual en la cuenca es de 296 mm.

El río Tambo, en resumen, presenta un regimen de descargas irregular y de carácter torrencioso, con marcadas diferencias entre sus parámetros extremos. Así, la descarga máxima media diaria es de 1,500.00 m<sup>3</sup>/seg. y la mínima de 1.50 m<sup>3</sup>/seg.

## 1. Aguas Superficiales

El valle de Tambo no cubre, casi en forma total, sus requerimientos de agua empleando básicamente el recurso hídrico superficial, que consiste únicamente en las descargas naturales de la cuenca hidrográfica, ya que en esta no existen obras de regulación ni derivaciones de otras cuencas que alteren su régimen natural. Es por ello que la cuantificación y evaluación de este recurso se hace imprescindible para la elaboración de cualquier programa racional de aprovechamiento.

**CUADRO N° 22**  
**MAXIMAS AVENIDAS PROBABLES DEL RIO TAMBO**  
**(Estación de Aforos de Chucarapi)**

Periodo de Retorno (años)	Máximas Avenidas Probables (m <sup>3</sup> /seg.)
100	1,400
50	1,180
20	880
10	690
5	510

### d. Control de Calidad de las Aguas

El río Tambo, arroja un contenido de sales entre medio y alto y bajo de sodio (C3S1); ello indica que, por su salinidad, solo deberán ser utilizadas en suelos de buena permeabilidad y en cultivos seleccionados como tolerantes a la sal, y que, por su sodicidad, no presentan ninguna limitación en su uso. Sin embargo, en la actualidad debe haberse incrementado estos valores debido a la construcción de presas en el Proyecto Pasto Grande. La sal imperante en la totalidad de las muestras tomadas en el valle de Tambo es el Cloruro de Sodio. El contenido de Boro, en la casi totalidad de las muestras, no representa ningún peligro, estando por debajo del límite permisible, aún para cultivos no tolerantes. El pH obtenido varía entre 7.1 y 8.0.

## 2. Aguas Subterráneas

La explotación de las aguas subterráneas para el desarrollo de la agricultura del valle de Tambo es prácticamente nula, debido a que cuenta con los recursos superficiales proporcionados por el río del mismo nombre, desconociéndose el uso actual de dicho recurso y su potencialidad.

### **IV.3.5. Análisis de Elementos Meteorológicos**

#### **a. Precipitación Pluvial**

De acuerdo al análisis realizado, la precipitación pluvial en el área de las cuencas estudiadas varía desde escasos milímetros en la costa árida y desértica, hasta un promedio anual estimado en unos 600 mm. en el sector más alto, que alcanza altitudes de 5,800 y 6,000 m.s.n.m. Este último sector corresponde, en general, a la cima de los nevados.

El área menos lluviosa de estas cuencas está comprendida entre el litoral y la cota de los 3,400 m.s.n.m. en general, aunque también alcanzan esta condición de baja pluviosidad ciertas áreas altitudinales ubicadas en las vertientes altas del río Yura, ubicadas a 3,741 m.s.n.m., así como también del río Chili y del río Andamayo. Se estima que el promedio anual de precipitación del área menos lluviosa (15,052 km<sup>2</sup>), representa 4 niveles según la faja altitudinal: de 0 a 1,800 m.s.n.m. es de unos 15 mm.; de 1,800 a 2,300 m.s.n.m. es de 70 mm.; de 2,300 a 3,100 m.s.n.m. es de 160 mm. y de 3,100 a 3,400 m.s.n.m. es de 200 mm. Se debe señalar que estas precipitaciones muestran dos regímenes de distribución mensual. Uno de ellos corresponde a la parte más cercana al litoral y que estaría limitada por la cota de los 1,200 m. aproximadamente; aquí la distribución mensual de la precipitación está regida por las características del cambio estacional de la costa, es decir, que se presenta con mayor intensidad durante los meses de Julio a Setiembre y, en sí, está constituida por las "garúas" provenientes de la condensación de las neblinas invernales; las principales estaciones meteorológicas que la registran son: Mollendo, Punta Islay y Pampa Blanca.

El otro régimen de precipitación se presenta sobre el nivel de los 1,200 m.s.n.m. y corresponde íntegramente al tipo de lluvias veraniegas (Noviembre - Abril), propio de la Sierra. Muestran este régimen pluvial las estaciones meteorológicas ubicadas entre 1,360 m. (Santa Isabel de Sigüas) y 3,370 m. (Ubinas). Se debe acotar que la estación pluviométrica de Pampa de Arrieros se incluye dentro de esta área de escasa precipitación debido a que, no obstante encontrarse a una altitud de 3,741 m.s.n.m., solo registra 172.1 mm. de promedio anual, por lo que se supone que en las partes altas de la provincia de Arequipa, hacia el lado Norte y Este, la isoyeta de los 200 mm. se eleva hacia los Andes.

En el área siguiente a la descrita, comprendida entre 3,400 y 3,900 m.s.n.m. (1,671 km<sup>2</sup>), la precipitación experimenta un fuerte incremento, alcanzando un promedio anual de 350 mm. según los registros de las estaciones pluviométricas de Ichuña, Calacoa y Coralaque.

En el sector altitudinal inmediato, ubicado entre los 3,900 y los 4,500 m.s.n.m. (7,685.6 km<sup>2</sup>.), el incremento observado en la lluvia es relativamente bajo en relación con el sector anterior, pues, si bien se puede generalizar un promedio anual de unos 400 mm. para todo el sector, también se observa algunos lugares que están muy por debajo de este promedio y cuya explicación refiere estudios mas minuciosos. Las estaciones que registran una precipitación relativamente baja para la altitud a que se encuentran son: Represa El Frayle, Sumbay y Las Salinas, ubicadas justamente hacia el Norte y el Este de la ciudad de Arequipa, corroborando así el hecho ya mencionado de que en esta dirección las isoyetas se van replegando hacia mayores altitudes. Las demás estaciones meteorológicas comprendidas en este sector son: Pillones, Hda. Toroya e Imata.

Finalmente, en el sector comprendido entre los 4,500 m.s.n.m. y las cumbres mas altas (nevados), las cuales bordean los 6,000 m.s.n.m., se estima un promedio de unos 600 mm. anuales. En los primeros niveles de este ultimo sector, se encuentra la estación meteorológica de Pasto Grande, que registra 558.2 mm. como total promedio anual.

Se estima en base a este somero análisis de la intensidad y distribución pluvial en el área de estudio que, en general, la precipitación es escasa y que, dentro de esta condición, la cuenca del río Tambo parece ser un poco mas húmeda que la cuenca del río Quilca. Por otro lado, se puede delimitar dos sectores desde el punto de vista hidrológico; uno de ellos seria el de "cuenca seca", comprendido entre el nivel del mar y la cota de los 3,400 m.s.n.m., sector que muestra un inusitado replegamiento de las isoyetas en dirección norte y Este de la ciudad de Arequipa, zonas por donde parece ascender hasta unos 3,800 m.s.n.m. (15,052 km<sup>2</sup>.) y donde las precipitaciones pluviales se mantienen siempre por debajo de los 250 mm. anuales, motivo por el que en este sector no se contaría con escorrentía superficial.

El otro sector seria el de cuenca "húmeda", comprendido entre el limite superior de la cuenca superior de la "cuenca seca" y la divisoria continental o nivel superior de los nevados (14,838 km<sup>2</sup>.),

cuyo promedio anual de precipitación oscilaría entre 250 y 600 mm., constituyendo de esta manera el área de aporte efectivo de agua de escorrentía superficial y subterránea al caudal de los ríos.

### **b. Temperatura**

La temperatura es el elemento meteorológico cuyas variaciones están mas ligadas al factor altitudinal. en el presente caso, dicho elemento experimenta variaciones que van desde el tipo semi -cálido a subtropical (19 °C) de la costa hasta el tipo polar de los nevados (menos de 1.5 °C), quedando comprendida entre estos limites una gama de valores térmicos que caracterizan a cada uno de los pisos altitudinales ubicados dentro de la región estudiada.

La variación térmica por niveles altitudinales: 0 a 1,800 m.s.n.m., un promedio de 18 °C; de 1,800 a 2,300 m.s.n.m., un promedio de 16 °C; de 2,300 a 3,100 m.s.n.m., un promedio de 14 °C; de 3,100 a 3,900 m.s.n.m., un promedio de 8 °C, de 3,900 a 4,500 m.s.n.m., un promedio de 4 °C, y por ultimo, en el nivel que se extiende entre los 4,500 y 6,000 m.s.n.m., se estima un promedio de temperatura muy cercano a 0 °C.

Debe señalarse la gran similitud, tanto en valores como en oscilación, de las temperaturas medias que se hallan dentro del primer nivel (Punta Islay, Pampa Blanca, Haciendita, La Joya, Pampa de Majes, Vítor y La Capilla); en promedio anual que se obtiene es de 18.4 °C, estando los valores promedios mensuales sujetos a una oscilación bien marcada durante el año. Estos valores son mayores entre los meses de Noviembre y Abril, con su punto mas alto en el mes de Febrero (23.2°C), y menores entre Mayo y Octubre, con su punto mas bajo en el mes de Julio (15.0°C).

En el sector altitudinal siguiente, comprendido entre 1,800 y 2,300 m.s.n.m., se estima un promedio anual de temperatura de alrededor de 16°C. La oscilación media anual de la temperatura promedio es muy estrecha: en Omate, es de 2°C y en el Colegio Militar Fco. Bolognesi, es de 1.7°C, lo que indica que la temperatura media no sufre cambios durante el año. Sin embargo, la oscilación entre las temperaturas máximas y mínimas siempre es muy fuerte; así, se observa que el PMME esta alrededor de los 24.5 °C y el pmme esta alrededor de 7.5 °C.

El sector comprendido entre 2,300 y 3,100 m., cuenta con cuatro estaciones que registran este elemento: La Pampilla, Characato,

Arequipa (Corpac) y Carumas, cuyos registros permiten estimar que la temperatura promedio del sector es de unos 14°C y que la oscilación media anual es bien estrecha (2°C). Sin embargo, los promedios mensuales extremos siguen presentando muy fuerte oscilación; así, se puede apreciar que el PMME esta alrededor de 23°C, mientras que el pmme se encuentra entre los 4°C.

En el sector, comprendido entre los 3,100 y 3,900 m.s.n.m., se carece de información de temperatura, pero de acuerdo con la forma como se presentó la variación de este elemento durante el reconocimiento de campo, se ha podido estimar que, hasta los 3,400 m.s.n.m., se llega con una temperatura promedio de 10°C y que desde esta cota hasta los 3,900 m.s.n.m., existe una temperatura promedio de 8°C. Asimismo, se estima que este promedio no sufre variaciones notables a lo largo del año y que, en cambio, si es muy fuerte la oscilación entre los valores máximos y mínimos extremos.

El sector ubicado entre los 3,900 m. y los 4,500 m.s.n.m., se cuenta con dos estaciones meteorológicas (Represa El Frayle e Imata), cuyos registros demuestran que el promedio anual de temperatura no sobrepasa los 4°C, estando por el contrario, bajo 0°C durante algunos meses, como sucede con la estación de Imata (Junio a Julio). La variación de este promedio durante el año hace ver que la oscilación media anual alcanza hasta 6.2°C, presentándose así la temperatura mayor de Diciembre a Marzo y menor desde Abril hasta Noviembre. Se aprecia además que, en todo momento, la temperatura registrada en Imata es menor que la registrada en la Represa el Frayle, siendo esto de esperar pues Imata se encuentra en la parte superior de este nivel altitudinal (4,405 m.s.n.m.), mientras que en la otra estación citada se halla a 4,015 m.s.n.m.

Los valores mensuales extremos se muestran que el PMME esta en alrededor de 15°C, mientras que el pmme siempre se mantiene por debajo del punto de congelación, alrededor de -10°C, lo cual esta indicando que persiste la fuerte oscilación entre las temperaturas máximas y mínimas.

En el nivel altitudinal inmediato superior, comprendido entre 4,500 y 5,000 m.s.n.m., se cuenta con la estación de Pasto Grande, cuyos registros permiten estimar para este sector una temperatura promedio de 1.5°C con una oscilación media anual de 5.9°C, la que se presenta ligeramente mayor en los meses de Diciembre a Marzo (3.5°C) y menor desde Abril a Noviembre (0°C). Los valores



extremos muestran una vez mas, como en los niveles anteriormente descritos, una fuerte oscilación; el PMME se halla alrededor de (13.0°C) y el pmme alrededor de (-10.3°C), debiéndose anotar que las temperaturas mensuales mínimas extremas siempre están por debajo de (0°C), a lo largo de todo el año.

Finalmente, en el área comprendida entre 5,000 y 6,000 m.s.n.m., se estima que el promedio anual de temperatura se mantiene en el punto de congelación permanentemente.

### **c. Humedad Relativa**

La humedad relativa, en términos generales, es mayor en la franja cercana al litoral (76%) que en el área que se extiende arriba de los 1,200 m.s.n.m. (51%); asimismo, se observa que el primer sector, este elemento sufre muy poca variación a lo largo del año (estaciones de Hda. Pampa Blanca y Haciendita), presentándose ligeramente mayor durante los meses invernales de Junio a Octubre. En el segundo sector, en cambio, la humedad relativa presenta oscilación fuerte durante el año (30%) y un régimen de distribución opuesto al primero; es decir, que sus valores mas altos se registran durante la época de verano y sus valores mas bajos durante los meses invernales.

### **d. Evaporación**

La evaporación son muy fluctuantes aun entre estaciones meteorológicas relativas cercanas; así, por ejemplo, se tiene que el total promedio anual en la estación de La Joya es de 1,879.2 mm., mientras que en la Pampa de Majes es de 3,062.5 mm., debiéndose esto, indudablemente, a la interacción de los demás elementos meteorológicos entre los que se puede citar viento, temperatura, humedad relativa, etc.

Se generalizar el hecho de que desde 0 hasta 1,200 m.s.n.m., la evaporación total anual es de unos 860 mm. (Pampa Blanca y Haciendita), mientras que a partir de los 1,200 m. hasta los 2,800 m. aproximadamente (La Joya, Pampa de Majes, Vítor, Omate, C.M.Fco. Bolognesi, La Pampilla y Characato), este promedio anual esta alrededor de 2,400 mm. para luego volver a disminuir (Carumas, Represa El Frayle, Imata y Pasto Grande) a medida que avanza hacia la divisoria cordillerana, donde se estima en 1,200 mm. el total promedio anual.

El régimen de distribución anual de la evaporación es veraniega (Diciembre Abril) en la parte baja de las cuencas, mientras que, en

la parte alta (sobre los 1,200 m.), se presenta un régimen de distribución anual opuesto, es decir, mayormente invernal (Mayo-Diciembre).

#### **e. Vientos**

La parte baja de la cuenca (hasta cerca de los 2,000 m.s.n.m.), el viento dominante es Suroeste (La Joya, Pampa de Majes y Vítor), siendo igualmente Suroeste el viento dominante en la parte más alta de las cuencas sobre los 4,000 m.s.n.m. (Represa El Frayle e Imata); en cambio, en los niveles altitudinales intermedios, el viento dominante es Oeste (C.M. Fco. Bolognesi, La Pampilla y Arequipa (Corpac), encontrándose el caso único de dominancia Noroeste en la estación de Characato.

En cuanto a la velocidad alcanzada, los vientos en general promedian valores entre 5.4 y 14.4 km./hora, los cuales, según la Escala de Beaufort para la fuerza del viento, equivalen a Brisa Muy Débil y Brisa Débil.

La fuerza de los vientos es mayor, generalmente, en las épocas de primavera y verano, habiéndose registrado los promedios más altos del viento Suroeste en Vítor, con 24 km./hora (Brisa Moderada) y Represa El Frayle, con 16.9 km./hora (Brisa Débil). Las estaciones de La Pampilla, Characato y Arequipa (Corpac) registran, además, vientos variables entre Suroeste, Oeste y Noroeste, alcanzando sus mayores valores en invierno con 17 y 18 km./hora o sea que la parte intermedia del área en estudio, comprendida entre los 2,000 y 3,800 m.s.n.m. aproximadamente, está bajo la influencia de vientos cruzados y variables a lo largo del año, no constituyendo problema para las labores agropecuarias u otras actividades humanas por su escasa fuerza.

### **IV.4. ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO MAJES**

#### **IV.4.1. Hidrología de la Cuenca del Río Majes**

El río Majes tiene su origen en las alturas de los cerros Yaretane y Torre, ubicados en la provincia de Caylloma del departamento de

Arequipa, a una elevación de 4,750 m.s.n.m., alimentando sus cursos de agua primordialmente con las precipitaciones que caen en las alturas del flanco occidental de la Cordillera de los Andes. Su cuenca cuenta con una área total de drenaje de 17,220 km<sup>2</sup>. y una longitud máxima de recorrido, desde sus nacientes hasta su

desembocadura en el Océano Pacífico, de 365 km., presentando una pendiente promedio de 1.3%.

El río Camaná-Majes discurre desde sus nacientes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico en forma algo sinuosa, ya que en un primer tramo, desde sus nacientes hasta su confluencia con el río Chalhuanca, corre de Sureste a Noroeste. Adopta, posteriormente, el sentido Noreste a Suroeste hasta la altura de la localidad de Chivay, a partir de la cual discurre con rumbo Sureste a Noroeste hasta su confluencia con el río Cusca. Luego, toma el sentido Noreste a Suroeste hasta su confluencia con el río Capiza, desde donde discurre de Norte a Sur hasta la altura de la localidad de Punta Colorada, para, finalmente a partir de este último punto, tomar un rumbo Noreste a Suroeste hasta la desembocadura en el Océano Pacífico.

Esta cuenca, como la mayoría de los ríos de la Costa, es de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes encontrándose limitada por cadenas de cerros que, en dirección del Océano Pacífico, muestran un descenso sostenido y rápido de nivel de cumbres; en su parte superior, cierto número de lagunas, entre las cuales debe mencionar las de Arcata, Huisca Huisca, Mamacocha, Chilacocha, Samaccota y Mucurca.

El río Camaná-Majes nace en las alturas de los cerros Yarenate y Torre, con el nombre de Paco Paco, el que conserva hasta la altura de la localidad de Llamíñuyoc. Adopta, posteriormente, el nombre de río Chilamayo hasta la estación de aforos Dique de los Españoles, el de río Colca, hasta la desembocadura del río Andamayo, el de río Majes, hasta la altura de Palo Parado y finalmente, el de río Camaná, desde este último hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

Sus afluentes principales, por la margen derecha, son los ríos Blanco, Negrillo, Condoroma, Moqueruyo, Chalhuanca, Molloco, Ayo, Mamacocha y Andamayo o Capiza y por la margen izquierda, los ríos Antasalla, Callalli, Hualca Hualca y Huambo.

**CUADRO N° 23**  
**CARACTERISTICAS DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DEL RIO CAMANA - MAJES**

Nombre del Río	Extensión de la Cuenca (km <sup>2</sup> )		Longitud Máxima (km.)	Pendiente Promedio (%)	Extensión Regulada (km <sup>2</sup> )
	Húmeda	Seca Total			
1. Camaná - Majes (hasta su desembocadura)	12,493	4,727	365	1.3	
2. Camaná - Majes (hasta puente Carretera)	12,493	4,641	358	1.3	185
3. Majes (hasta puente Huatiapa)	11,603	891	291	1.4	185
4. Colca (hasta Tinco)	7,789	162	242	1.4	185
5. Colca (hasta Negropampa)	7,607	40	214	1.4	185
6. Colca (hasta Sibayo-Puente Carretera)	3,907	-	135	0.7	185
7. Colca (hasta Sibayo-Puente Colgante)	3,347	-	133	0.7	185
8. Colca (hasta Dique de los Españoles)	285	-	25	1.2	-
9. Ayo (hasta Ayo-Mamacocha)	2,624	13	105	3.2	-
10. Ayo (hasta Desague Mamacocha)	2,624	19	109	3.0	-
11. Molloco (hasta Pallca)	1,547	5	88	3.2	-
12. Río Negrillo (hasta Oscollo)	185	-	25	1.7	185
13. Río Negrillo (hasta Bamputañe)	129	-	21	2.2	-
14. Río Blanquillo (hasta Blanquillo)	152	-	14	1.3	-
15. Río Antasalla (hasta Antasalla)	54	-	13	2.2	-

## **IV.4.2. Hidrología del Río Camaná- Majes**

### **1. Descripción General**

En la actualidad estos recursos hídricos abastecen en su totalidad las necesidades agrícolas del valle de Camaná - Majes colaborando en forma fundamental, una parte de ellos, mediante su derivación a la cuenca del río Quilca, en el mantenimiento del caudal mínimo requerido por las centrales hidroeléctricas que abastecen de energía tanto a la ciudad de Arequipa, asimismo, a las disponibilidades con que cuenta la agricultura de la zona comprendida por los valles del Chili, Vítor e irrigación la Joya. El recurso regulado y derivado a la cuenca del río Quilca es el perteneciente a la cuenca alta del río Colca, nombre que tiene el río Camaná Majes en sus nacientes.

Los recursos hídricos de la cuenca del río Camaná - Majes han adquirido mayor importancia aún, por el proyecto de Irrigación Majes - Siguan, que dará a cambios fundamentales en su economía.

La cuenca total del río Camaná - Majes tiene una extensión de 17,220 Km<sup>2</sup>., de la cual el 73 %, ósea 12,493 km<sup>2</sup>., corresponden a la cuenca imbrifera o húmeda, denominada así por encontrarse por encima de los 2,800 m.s.n.m., cota fijada como límite del área seca y a partir de la cual puede considerarse que la precipitación pluvial es un aporte efectivo al escurrimiento superficial. El área de la cuenca que se encuentra derivada hacia el sistema del río Quilca es de 703 km<sup>2</sup>., de la cual una extensión de 185 km<sup>2</sup>., correspondiente al reservorio de Pañe, se encuentra regulada; esta cuenca se halla ubicada a una altitud promedio de 4,700 m.s.n.m.

El escurrimiento superficial del río Camaná - Majes se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta, las cuales se presentan concentradas durante los meses de Diciembre a Marzo; el deshielo de los nevados ubicados dentro de la cuenca tiene muy poca incidencia en el escurrimiento ya que estos son bastante escasos. El área total de los nevados cubre una extensión de aproximadamente 215 km<sup>2</sup>. y entre los mas importantes, cabe mencionar a los nevados Coropuna, Hualca Hualca, Quiscapampa, Chilay Culluncuya, siendo el mas alto de ellos el de Coropuna, que alcanza una altura de 6,305 m.s.n.m.

El río Camaná, propiamente dicho, viene ha ser la continuación del río Majes y toma este nombre al finalizar el sector de Majes, conservándolo hasta su desembocadura en el mar. Como afluentes de

importancia del río Camaná, solo merecen mencionar las quebradas Puliviñas y Molles, ambas de escurrimiento eventual; la primera de ellas ingresa por la margen izquierda y la segunda, por la margen derecha.

Siguiendo el sentido hacia aguas arriba, el río Majes viene a ser la continuación del río Colca y toma este nombre a la altura de la desembocadura del río Capiza, afluente por la margen derecha. El río Colca recibe el aporte de numerosos afluentes, siendo los más importantes, nombrándolos en forma ascendente, hacia aguas arriba, los ríos Ayo o Mamacocha, que ingresa por la margen derecha, Huambo, por la margen izquierda, Molloco o Huaruro, por la margen derecha, Callalli por la margen izquierda, Chalhuanca, Condoroma, Negrillo y Blanquillo, por la margen derecha y Antasalla, por la margen izquierda.

De los afluentes del río Camaná - Majes, merecen una descripción especial el río Ayo o Mamacocha, por tener la mayor extensión de cuenca colectora, entre los ríos antes mencionados, aparte de presentar una característica hidrológica muy peculiar. El río Ayo se origina, con este nombre, en la laguna de Mamacocha, que viene a ser un gran manantial en donde afloran a la superficie las aguas del río Andagua, las que se pierden por infiltración en el tramo comprendido entre las lagunas de Pumajallo y Chachas; por lo tanto, el río Mamacocha debe ser considerado como una continuación del río Andagua. En la zona donde ocurre la infiltración se produjeron con anterioridad una serie de erupciones volcánicas que cubrieron por completo el cauce antiguo del río.

El área agrícola servida por el recurso medido en esta estación tiene una extensión de 9,371 Ha. que comprende a los sectores de Majes y Camaná, no considerándose, en el caso del sector de Majes, una extensión de 1,459 Ha. que se encuentra ubicada aguas arriba de la estación de aforos. Las necesidades de agua para el riego de esta extensión de tierras se encuentran largamente satisfechas por las descargas superficiales que permanentemente aporta el río, por lo que no ha sido necesario efectuar obras de regulación ni de explotación del agua del subsuelo con fines de desarrollo agrícola.

## **2. Aguas Superficiales**

Las estaciones de aforo instaladas con una finalidad primaria, ajena a las exigencias del proyecto de Irrigación de Majes - Sigvas, son los más antiguos de la red y son la de Puente Panamericana sobre el río

Camaná. Ellas proporcionan la información diaria requerida para la distribución del agua de riego a los sectores agrícolas respectivos. Además de las estaciones citadas, en la cuenca alta se encuentran las estaciones Dique de los Españoles y Canal Zamácola, ambas con registros reconocidos desde el año de 1945, midiendo la primera de ellas los recursos de la cuenca alta del río Colca y la segunda las derivaciones de esta cuenca hacia el río Sumbay; dichas estaciones se encuentran relacionadas a un antiguo proyecto, realizado en parte, que contempla no solo la derivación sino también la regulación de los recursos de la cuenca alta del río Colca en el lugar denominado Dique de los Españoles.

### 3. Análisis General

**El Río Camaná .-** Majes destaca de entre los ríos de la Costa Sur del país por ser uno de los mas caudalosos y por su escurrimiento permanente, que presenta, en época de estiaje, un caudal promedio de 27 m<sup>3</sup>/seg. Del análisis, se deduce que lo requerimientos de agua del valle de Camaná Majes son cubiertos íntegramente aprovechando el recurso hídrico superficial, para lo cual se emplea, aproximadamente, el 14% del volumen medio anual descargado.

**CUADRO N° 24**  
**MAXIMAS AVENIDAS PROBABLES DEL RIO MAJES**  
**(Estación de aforos de Huatiapa)**

Periodo de Retorno (años)	Máximas Avenidas Probables (m <sup>3</sup> /seg.)
100	2,520
50	2,150
20	1,650
10	1,300
5	1,000

### 4. Control de Calidad de las Aguas

El control efectuado en la cuenca alta, sobre el río Colca, arroja un contenido de sales entre medio y alto y de sodio bajo (C3S1); ello indica que, por su salinidad, las aguas son de uso limitado a suelos de buena permeabilidad y para cultivos seleccionados como tolerantes a las sales y que, por su sodicidad, no presentan limitaciones en su uso. La muestra obtenida en el río Huaruro, afluente del río Colca, presentan un contenido de sales y de sodio bajos (C1S1), lo que indica que por su salinidad y sodicidad las aguas son de buena calidad para

el riego de gran variedad de cultivos, presentando su uso peligro de salinización solo en suelos muy impermeables y de difícil drenaje interno. La muestra tomada en el río Colca, aguas abajo de la desembocadura del río Huaruro, arroja un

contenido de sales moderado y de sodio bajo (C2S1); ello señala que estas aguas, por su contenido de sales, son de buena calidad para cultivos que se adapten o toleren moderadamente la sal, siendo de uso peligroso en plantas muy sensibles y suelos impermeables, y que por su sodicidad, no presentan limitaciones de uso. La disminución en el contenido de sales que muestran los dos primeros y el último control citados se debe aparentemente al ingreso del río Colca de agua de mejor calidad proveniente de los afluentes, tal como lo permite vislumbrar el resultado obtenido.

Las muestras tomadas en el sector de Majes, en el río del mismo nombre y en la quebrada Huario presentan un contenido de sales moderado y de sodio bajo (C2S1); ello indica que estas aguas, por su contenido de sales, son de buena calidad para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal, siendo de uso peligroso en plantas muy sensibles y suelos impermeables, y que por su sodicidad, no presentan limitaciones de uso. Escapan a esta generalización los controles efectuados en las tomas de Aplao y El Monte, los que presentan aguas de buena calidad para el riego de gran variedad de cultivos, significando su uso peligro de salinización solo en suelos muy impermeables y de difícil drenaje interno. Esta disminución en el contenido de sales de la última muestra con respecto a las anteriores puede deberse al ingreso de recursos de mejor calidad a través de los afluentes, por la margen izquierda, del río Majes.

Los controles efectuados en las tomas del sector de Camaná, arrojan un contenido de sales moderado y de sodio bajo (C2S1), con características similares a la generalidad de las muestras tomadas en el sector de Majes.

Con la finalidad de tener una idea muy preliminar de la calidad del agua subterránea en el área estudiada, se efectuaron dos controles: uno, en un pozo ubicado en la localidad de Aplao y el otro, en el pozo de fábrica de hielo de la localidad de Camaná; ambas muestras arrojaron un contenido de sales entre medio y alto y de sodio bajo (C3S1).

Las sales imperantes en las muestras tomadas en la cuenca del río Camaná - Majes son los Cloruros de Sodio y Calcio y los Bicarbonatos



de Sodio y Calcio. Por el peligro de Boro, las muestras pueden clasificarse como de excelentes a buenas, aún para cultivos no tolerantes, variando su contenido entre 0.1 y 0.9 p.p.m. El pH de las muestras oscila entre 6.0 y 7.8.

## **5. Aguas Subterráneas**

En el valle de Camaná - Majes, la explotación del agua subterránea es prácticamente nula, debido a que cuenta con los abundantes recursos de escurrimiento superficial proporcionados por el río Camaná Majes.

### **IV.4.3. Análisis de los Elementos Meteorológicos**

#### **a. Precipitación Pluvial**

El estudio de este elemento meteorológico ha sido realizado mediante la información pluviométrica disponible complementada con las observaciones ecológicas de campo, a través de las cuales se ha podido estimar los probables índices de precipitación pluvial de las áreas que no cuentan con información.

De acuerdo al análisis realizado, se estima que la precipitación pluvial en la cuenca varía desde escasos milímetros en la costa árida y desértica hasta un promedio estimado de 800 mm. en el sector más alto correspondiente a la zona de puna.

El sector menos lluvioso de esta cuenca alcanza un área aproximada de 6,405 km<sup>2</sup>. y está comprendido entre el litoral marino y la cota altitudinal que oscila entre los 1,700 y 2,200 m.s.n.m. El promedio anual de lluvias se estima en unos 75 mm., variando entre 1.7 mm., en Santa Elena, y 97.5 mm., en Ayo, a una altitud de 2,000 m.s.n.m.; hacia la parte más alta de la formación (2,200 m.s.n.m.), se estima que la precipitación debe ser alrededor de 150 mm. Es conveniente hacer notar que la faja de costa próxima al litoral marino está influenciada, en lo que a precipitación pluvial se refiere, por la condensación de las neblinas de la Costa (Junio - Agosto).

En el sector comprendido entre la cota anteriormente indicada y el nivel altitudinal de los 3,000 m.s.n.m. (1,560 km<sup>2</sup>), se cuenta con información de la estación pluviométrica de Choco con 171.9 mm. de promedio anual de lluvia, estimándose un promedio total de 200 mm. para esta área, lo cual oscilaría entre 150 mm. en el nivel más bajo y 250 mm. en el más alto.

En el siguiente sector, es decir, en el área comprendida entre el nivel altitudinal anteriormente señalado y la cota de los 3,900 m.s.n.m. (1,685 km<sup>2</sup>.), se estima un promedio de precipitación de 400 mm. anuales, variando de 250 a 550 mm. en los niveles mas bajo y mas alto, respectivamente. En este sector, se encuentra la mayor cantidad de estaciones de control meteorológico, tales como: Chachas, con 226.5 mm. de precipitación anual; Machahuay, con 281.9 mm.; Cabanaconde, con 412.7 mm. anuales; Huambo, con 291.2 mm.; Yanque, con 412.5 mm.; Andagua, con 455.6 mm.; Chivay, con 466.6 mm.; La Calera, con 524.6 mm.; Orcopampa, con 514.6 mm.; Sibayo, con 555.0 mm. y Callalli, con 578.8 mm.

En el sector andino, comprendido entre los 3,900 y 4,800 m.s.n.m. (9,870 km<sup>2</sup>.), hay un marcado aumento en la intensidad de las lluvias, además de una mejor distribución mensual. Para esta área se cuenta con los registros de las estaciones de Huinco, con 881.4 mm.; Pulpera, con 535.0 mm.; Tisco, con 641.5 mm. ; Yanacancha, con 649.8 mm.; Crucero Alto, con 585.8 mm. y Pañe, con 731.3 mm.; las cuales dan un promedio de 650.0 mm., que oscilaría entre 550 y 750 mm. de promedio en los niveles mas bajo y mas alto, respectivamente.

Finalmente, en el área situada sobre los 4,800 m.s.n.m. (1,720 km<sup>2</sup>.), que comprende el sector de los nevados, no se cuenta con información meteorológica, pero se puede asumir que el promedio de precipitación esta alrededor de los 800 mm. anuales y que gran porcentaje de la misma cae estado sólido (nieve y granizo).

De acuerdo a la distribución pluvial descrita, el área estudiada puede dividirse, desde 1 punto de vista hidrológico, en dos sectores; uno denominado "cuenca seca", que estaría comprendido entre el nivel del mar y la cota que esta alrededor de los 3,000 m.s.n.m. abarcando un área de 8,747 km<sup>2</sup>., con escorrentía superficial siendo nulo su aporte efectivo al caudal del río; el otro sector seria el de "cuenca "húmeda", comprendido aproximadamente entre los 3,000 m.s.n.m. y la divisoria continental en el nivel altitudinal superior (12,493 km<sup>2</sup>), cuyo promedio de precipitación anual oscilaría entre lo 250 mm. y los 800 mm., constituyéndose de esta manera en el área de mayor aporte de escorrentía superficial y subterránea al caudal del río.

Puede observarse que la precipitación pluvial en el sector de la faja del litoral (estaciones de Camaná y Pampata) tiene un régimen estacional de invierno, es decir, que las lluvias son promovidas por la deposición de las nieblas de los meses mas fríos, prolongándose inclusive hasta los primeros meses de la primavera, mientras que, por el contrario,

año; son mayores en verano, con su valor mas alto en los meses de Enero, Febrero y Marzo (23° C aproximadamente) y menores en invierno, con su valor mas bajo en los meses de Junio, Julio y Agosto (15.7° C aproximadamente).

En el sector altitudinal comprendido entre los 2,200 y 3,100 m.s.n.m., se carece de información estadísticamente confiable de este elemento meteorológico; sin embargo, se cuenta con los registros de 2 estaciones que se toman como referenciales (Chuquibamba y Pampacolca) y que permiten estimar que la temperatura promedio en este sector debe fluctuar entre 17° C en el nivel altitudinal mas bajo y 12° C en el mas alto.

En el sector inmediato superior, situado entre 3,100 y 3,900 m.s.n.m., solo se cuenta con los registros de la estación de Sibayo (3,810 m.s.n.m.), que alcanza a 7.8° C promedio anual, lo cual permite estimar que los promedios de temperaturas para los limites altitudinales superior e inferior deben estar alrededor de los 7.0° C y 12.0° C, respectivamente. El promedio anual de la estación mencionada se mantiene sin oscilaciones fuertes durante el año; sin embargo, se observa la tendencia a ser ligeramente mayor en el verano (10.8° C) y menor durante el invierno (4.8° C).

La existencia de temperatura mínimas muy bajas durante todo el año pone de manifiesto que por encima de la cota altitudinal de los 3,800 m.s.n.m. ya no es posible el desarrollo de la agricultura, pues los periodos de heladas se amplían e intensifican notablemente limitado el crecimiento de las plantas.

En el sector comprendido entre los 3,900 y 4,000 m.s.n.m., se cuenta con información aprovechable de la estación de Pañe (4,524 m.s.n.m.), cuyos registros dan un promedio anual de 3.1° C, observándose además poca oscilación durante el año.

### **c. Humedad Relativa**

Este elemento meteorológico es registrado por cinco estaciones, de las cuales tres se encuentran en la Costa (Camaná, Santa Elena y Aplao), una en la sierra alta (Sibayo) y otra en el sector de puna (Pañe). Se puede apreciar que la humedad relativa en términos generales, es mayor en la costa (70 - 79 %) que en la sierra (48 %) y que, en el primer sector, es de régimen invernal y en el segundo es mas bien de régimen veraniego.

tierra adentro de la faja costera (estaciones de Aplao, Ayo y Santa Elena), el régimen de la precipitación pluvial se invierte tornándose de tipo veraniego, que los mayores totales mensuales son registrados entre los meses de Diciembre a Marzo.

Se deduce que las estaciones ubicadas en los sectores andinos presentan un régimen pluvial netamente de verano, es decir, que las lluvias tienen su inicio en los meses primaverales y van cobrando mayor intensidad conforme se adentra el verano, época durante la cual alcanzan su máxima intensidad (Febrero), para luego decrecer casi bruscamente durante el mes de Abril, en que se inicia un periodo de estiaje que se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones muy escasas y/o nulas que tipifican los meses mas fríos de Junio a Agosto.

En lo que respecta a la regularidad de los regímenes mensuales de los valores máximos y mínimos extremos, puede observarse la existencia de notables oscilaciones pluviales que en algunas estaciones alcanzan a los 348 mm. (caso de Pulpera). Se podría considerar que estas oscilaciones excesivas son producto de la alternancia de años muy abundantes en lluvias con años de escasez extrema; en cierta forma; esto es indicativo de que el área es de esperarse una variación anual muy marcada que no esta sujeta a periodicidad, lo cual es muy perjudicial para las actividades agropecuarias que se desarrollan dentro de esta cuenca.

## **b. Temperatura**

La temperatura es el elemento meteorológico mas ligado en sus variaciones al factor altitudinal. En la presente cuenca, en el área de la costa, al tipo frígido ( $3.0^{\circ}$  C aproximadamente), en el sector de puna, quedando comprendida entre estos extremos un serie de variaciones térmicas que caracterizan a cada uno de los pisos altitudinales dentro de la región.

En primer termino, se observa que las estaciones ubicadas en la faja de costa presentan un régimen térmico muy similar, apreciándose además que sus valores aumentan en relación directa con la altitud, fenómeno este que se mantiene aproximadamente hasta unos 800 m.s.n.m., a partir de este nivel, la temperatura empieza a descender notablemente conforme se gana altura. El promedio anual de temperatura de la estación de Camaná, que es la mas cercana al mar, es de  $18.8^{\circ}$  C, mientras que dicho promedio en las estaciones que se hallan en el interior, tales como Santa Elena y Aplao, es de  $19.3^{\circ}$  C. Estas temperaturas presentan dos épocas bien marcadas durante el

#### IV.5. ESTUDIO DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS ATICO, CARAVELI Y OCOÑA

Las cuencas en estudio tiene una característica semejante a la de todas las cuencas de la Costa, es decir, ancha en la parte alta de la cuenca y estrecha en la desembocadura, ocupando una extensión aproximada de 1,420 km<sup>2</sup>, la de Atico, 1,953 km<sup>2</sup>. la de Caraveli y 15,578 km<sup>2</sup> la de Ocoña, de las cuales corresponden 378 km<sup>2</sup>., 981 km<sup>2</sup>. y 12,231 km<sup>2</sup>. respectivamente a la cuenca húmeda o imbrifera.

##### IV.5.1. Hidrografía de la Cuenca del Río Atico

El río Atico tiene su origen en una serie de pequeñas quebradas que se originan en los cerros de Altos de Cachica, Cortaderas y Checcheorcco (quebradas Huinllo, Crugero y Cachica), las cuales al juntarse toman el nombre de quebrada Pozo Guanaco; recién, en las cercanías de la desembocadura por la margen izquierda de la quebrada Río Seco es que toma el nombre de río Atico, nombre con el cual desemboca en el Océano Pacifico. Sus afluentes principales, por la margen derecha, son las quebradas Huinllo (313 km.<sup>2</sup>) y Molle del Gato (68 km<sup>2</sup>) y por la margen izquierda, las quebradas río Seco (115 km<sup>2</sup>) y Corral de Peña (86 km<sup>2</sup>).

El curso del río Atico es poco sinuoso, adoptando prácticamente desde sus orígenes hasta su desembocadura en el Océano Pacifico una dirección predominante Norte a Sur. en la parte inferior del valle y como resultado de la disminución de la pendiente, se ha formado un pequeño cono de deyección, producto de la deposición de los materiales transportados por el río.

**CUADRO N° 25**  
**CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS DEL RIO ATICO**

Nombre del río	Area de la Cuenca (km <sup>2</sup> .)			Longitud Máxima (km <sup>2</sup> )	Pendiente Promedio (%)
	Húmedo Total	Seco	Total		
1. Atico hasta su (desembocadura)	378	1,042	1,420	87	4
2. Huinllo	203	110	313	28	6
3. Río Seco		115	115	17	8
4. Corral de Peña		86	86	17	7
5. Molle de Gato		68	68	21	8

Los recursos hídricos del río Atico son escasos, presentándose descargas únicamente en época de avenidas, las cuales se caracterizan por ser esporádicas y de corta duración, habiendo años en que se presenta completamente seco; existen, en su parte baja, pequeños afloramientos de agua cuyos recursos son utilizados para la agricultura y para uso doméstico.

#### **IV.5.2. Hidrología del Río Atico**

El río Atico, perteneciente al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene su origen en la quebrada que forman los cerros de Yurac Orco y Sondor Ccasa, a una altura de 3,600 m.s.n.m., alimentando sus cursos de agua con el recurso proveniente de las escasas precipitaciones estacionales que se suceden en su cuenca alta.

La cuenca del río Atico tiene una extensión de, aproximadamente, 1,420 km<sup>2</sup>., de la cual el 26 %, ósea 378 km<sup>2</sup>., corresponde a la denominada cuenca imbrífera o húmeda. Los recursos superficiales con que cuenta esta cuenca provienen principalmente de la precipitación estacional que se presenta en la cuenca alta, no existiendo nevados de importancia que contribuyan a elevar el escurrimiento superficial del periodo de estiaje.

El valle agrícola de Atico tiene una extensión neta cultivada, en la actualidad, de aproximadamente de 135.41 Ha., utilizando para el riego los recursos de escurrimiento superficial, los que no satisfacen las necesidades del valle, ya que el río presenta únicamente descargas esporádicas y de corta duración, durante los meses de Enero a Marzo. El resto del año se aprovecha las aguas de filtraciones que afloran en su parte alta, existiendo una deficiencia de agua permanente que limita sensiblemente el desarrollo agrícola de la región.

##### **1. Aguas Superficiales**

El río Atico, al igual que la mayoría de los ríos de la Costa, es de régimen muy irregular y de carácter torrencioso, presentando una gran variabilidad en la ocurrencia de sus descargas. El río Atico presenta descargas, que se caracterizan por ser esporádicas y de corta duración, no llegan a desaguar al mar, ya que son captadas casi en su totalidad para el riego del valle. Durante el resto del año, el río se seca, utilizándose en este periodo las aguas de filtraciones. Estas condiciones severa de disponibilidad de agua limitan el uso de la tierra y afectan la productividad de las que permanecen cultivadas.

## **2. Control de Calidad de Aguas**

Se desprende, en líneas generales, que la salinidad y el contenido de sodio se incrementa a medida que se desciende desde la parte alta hacia el litoral.

El control efectuado en el valle de Atico permite establecer que las aguas del río Atico tienen un contenido de sales entre medio y alto y de sodio bajo (C3S1); lo que indica que, por su salinidad, solo deben ser empleadas en suelos de buena permeabilidad y para cultivos tolerantes a las sales y que, por su sodicidad, no plantean ninguna limitación de uso.

Las sales imperantes en las muestras tomadas en el valle de Atico son los bicarbonatos y sulfatos de calcio. Por su contenido de boro, las muestras pueden ser clasificadas de excelentes a buenas, aún para cultivos no tolerantes; siendo su contenido de 0.1 p.p.m. El pH de las muestras fluctúa entre 6.7 y 7.0.

### **IV.5.3. Hidrografía de la Cuenca del Río Caravelí**

El río Caravelí tiene su origen en una serie de pequeña quebradas que se originan en la parte alta de la cuenca y las cuales se juntan en las quebradas Chuñuño y Macha; estas originan, a su vez, en su confluencia el río Caravelí, nombre con el cual sigue a lo largo del valle de su nombre, cambiando a Pescadores en las cercanías de su desembocadura en el Océano Pacífico.

Sus afluentes principales, por la margen derecha, son las quebradas La Yesera (144 km<sup>2</sup>) y Pedregal de Llocllasca (63 km<sup>2</sup>) y por la margen izquierda las quebradas Grande de Ocoruro (131 km<sup>2</sup>), San Gregorio (175 km<sup>2</sup>), Macha (203 km<sup>2</sup>), Chucane (192 km<sup>2</sup>), Huarucanqui (74 km<sup>2</sup>) y las Ovejas (62 km<sup>2</sup>).

El área total de drenaje del río Caravelí es de aproximadamente 1,953 km<sup>2</sup>., siendo su longitud máxima de recorrido de 136 km. Presenta una pendiente promedio de 3 %, la cual se incrementa en el sector de la quebrada Chuicane, donde alcanza 9 %. La superficie de la cuenca imbrífera es de 981 km<sup>2</sup>.

El curso del río Caravelí es poco sinuoso, adoptando desde su origen como río una dirección en general Norte - Sur, aunque con ciertas variantes en pequeños sectores. El río Caravelí forma dos valles; uno, denominado valle

de Caravelí, a 1,780 m.s.n.m., de tipo interandino y con características sub - tropicales; y otro, conocido como valle de Pescadores, cerca a la desembocadura del río en el mar.

El relieve general de la cuenca es el mismo que caracteriza a casi todos los ríos de la costa, es decir el de una hoya hidrográfica escarpada y alargada, de fondo profundo y quebrado, con fuertes pendientes; encontrándose limitada por cadenas de cerros que en dirección del Océano Pacífico muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbre.

Los recursos hídricos del río Caravelí son escasos, presentando descargas únicamente en época de avenidas, las cuales se caracterizan por ser esporádicas y de corta duración, habiendo años que se presenta completamente seco; en la parte baja, existen pequeñas afloramientos de agua cuyos recursos son utilizados para la agricultura.

**CAUDRO Nº 26**  
**CARACTERISTICAS DE LA RED HIDROGRAFICA DEL RIO**  
**CARAVELI**

Nombre del río	Area de la Cuenca (km <sup>2</sup> )			Longitud Máxima (km.)	Pendiente Promedio (%)
	Húmeda Total		Seca		
1. Caravelí (hasta su desembocadura)	981	972	1,953	136	3
2. Grande de Ocoruro	131		131	31	5
3. San Gregorio	168	7	175	24	6
4. La Yesera	93	51	144	35	4
5. Macha	176	27	203	24	7
6. Chuicane	142	50	192	10	9
7. Pedregal de Llocllasca		63	63	10	8
8. Huarucanqui		74	74	17	7
9. Las Ovejas		62	62	21	7

#### **IV.5.4. Hidrología del Río Caravelí**

El río Caravelí, perteneciente al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene su origen en la laguna Azulcocha, a una altura de 4,500 m.s.n.m., alimentado sus cursos de agua con el recurso proveniente de las escasas precipitaciones estacionales que se suceden en su cuenca alta.



La cuenca del río Caravelí tiene una extensión, aproximadamente, de 1,953 km<sup>2</sup>., de la cual el 50 %, ósea 981 km<sup>2</sup>., corresponde a la cuenca imbrífera o húmeda. Los recursos superficiales con que cuenta esta cuenca provienen principalmente de la precipitación estacional que se presenta en la cuenca alta, no existiendo nevados de importancia que contribuyan a elevar el escurrimiento superficial del periodo de estiaje.

El valle agrícola de Caravelí tiene una extensión neta cultivada, en la actualidad de 577.50 Ha., utilizando para el riego los recursos provenientes del escurrimiento superficial, los cuales no satisfacen las necesidades del valle, ya que el río, durante los meses de Enero a Marzo, presenta únicamente descargas esporádicas y de corta duración. El resto del año, se aprovecha las aguas de filtraciones que afloran en su parte alta, existiendo una deficiencia de agua permanente que limita sensiblemente el desarrollo agrícola de la región.

El río Caravelí, al igual que la mayoría de los ríos de la Costa, es de régimen irregular y de carácter torrencioso, presentando una gran variabilidad en la ocurrencia de sus descargas. El reconocimiento de campo ha permitido establecer que el río Caravelí presenta descargas únicamente durante la época de avenidas, es decir, durante los meses de Enero a Marzo; estas descargas, que se caracterizan por ser esporádicas y de corta duración, no llegan a desaguar al mar, ya que son captadas casi en su totalidad para el riego del valle. El resto del año, el río se seca, utilizándose en este periodo las aguas de filtraciones. Estas condiciones severas de disponibilidad del recurso limitan el uso de la tierra y afectan la productividad de las que permanecen cultivadas.

### **1. Control de Calidad de las Aguas**

Se desprende, en líneas generales, que la salinidad se incrementa a medida que se desciende desde la parte alta hacia el litoral.

El control efectuado en el canal Anchagui, con agua de escurrimiento superficial, arroja un contenido de sales moderado y medio de sodio (C2S2); lo que indica que, por su salinidad, es de buena calidad para cultivos que se adapten a tolerar moderadamente la sal, siendo de uso peligroso para plantas muy sensibles y suelos impermeables, y que, por su sodicidad, es de uso peligroso en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio, especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso, pudiendo

usarse en suelos de textura gruesa entre la arenosa y franca u orgánicos con permeabilidad adecuada.

También arrojan contenido de sales entre medio y alto y de sodio bajo (C3S1); ello permite señalar que, por su salinidad, solo podrán emplearse en suelos de buena permeabilidad, debiendo ser, los cultivos seleccionados, tolerantes a la sal, y que, por su sodicidad, no presentan limitaciones.

Las sales imperantes en las muestras tomadas en el valle de Caravelí son el sulfato de sodio y los bicarbonatos de calcio y magnesio. Por su contenido de boro, la muestra en que se realizó dicho control puede clasificarse de excelente a buena, aún para cultivos no tolerantes; estando su contenido en 0.3 p.p.m.

Deben señalarse que las muestras fueron tomadas en distintos periodos del año, además de ser escasas, razón por la cual no puede establecerse una relación entre ellas; sin embargo, puede indicarse que, en general, siempre presentan limitaciones de uso.

#### **IV.5.5. Hidrografía de la Cuenca del Río Ocoña**

El río Ocoña tiene su origen en la confluencia de los ríos Huanca Huanca y Oyolo, los cuales colectan todo el drenaje de las diferentes quebradas de la parte alta de la cuenca. Estos ríos originan en su confluencia el río Uchubamba, que toma después el nombre de Marañón. En su confluencia por la margen izquierda con el río Cotahuasi, toma el nombre de río Ocoña, nombre con el cual desemboca en el mar.

Sus afluentes principales, por la margen derecha, son los ríos Huacsapallcca (338 km<sup>2</sup>), Pacchichaca (229 km<sup>2</sup>) y Mirmaca (1,030 km<sup>2</sup>) y por la margen izquierda, los ríos Pisquiccocha (295 km<sup>2</sup>), Pallancata (955 km<sup>2</sup>), Oyolo (1,102 km<sup>2</sup>), Cotahuasi (4,459 km<sup>2</sup>), Chichas o Arma (1,637 km<sup>2</sup>) y Chorunga (1,096 km<sup>2</sup>).

El área total de drenaje del río Ocoña es de aproximadamente 15,578 km<sup>2</sup>, siendo su longitud máxima de recorrido de 248 km. Presenta una pendiente promedio de 2 %, la cual se acentúa en las quebradas de Pacchichaca y Chorunga, donde alcanza hasta 6 %. La superficie de la cuenca imbrífera es de 12,231 km<sup>2</sup>; es decir, que el 78 % del área total contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial.

El curso del río Ocoña es algo sinuoso, adoptando desde sus orígenes la dirección predominante de Noroeste a Sureste, hasta la desembocadura del río Chichas, punto a partir del cual adopta la dirección Norte a Sur, desembocando así en el Océano Pacífico.

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza prácticamente todos los ríos de la costa; es decir, el de una hoya hidrográfica escarpada y alargada, de fondo profundo y quebrado y con fuertes pendientes. Se

encuentra limitada por cadenas de cerros en dirección del Océano Pacífico muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres. Dispone, en su parte alta, de importantes nevados tales como: Solimana, Coropuna Firura, Sapohuana, Chulluni y Sarasara.

Los recursos hídricos del río Ocoña son bastante abundantes, presentando descargas notables aún en época de estiaje; sin embargo, el área agrícola neta del valle es de 1 617 Ha.

**CUADRO N° 27**  
**CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL RÍO**  
**OCOÑA**

Nombre del río	Área de la Cuenca (km <sup>2</sup> )			Longitud Máxima (km)	Pendiente Promedio (%)
	Húmeda Total		Seca		
1. Ocoña (hasta su desembocadura)	12,231	3,347	15,578	248	2
2. Ocoña (hasta Mollebamba)	12,231	3,151	15,382	234	2
3. Huacsapallcca	338		338	31	3
4. Pisquiccocha	295		295	31	4
5. Pacchichaca	229		229	24	6
6. Pallancata	955		955	66	3
7. Mirmaca	1,007	23	1030	66	4
8. Oyolo	1,067	35	1,102	59	5
9. Cotahuasi	4,172	287	4,459	133	3
a) Huarcaya	1,304		1,304	63	3
b) Pampamarca	713	2	715	49	5
10. Chichas o Arma	1,515	122	1,637	80	5
11. Chichas (hasta Salamanca)	1,078		1,078	49	3
12. Chorunga	465	631	1,096	70	6
a) Chalhuane	172	155	327	56	7
b) Esbilla	8	244	252	31	5

#### **IV.5.6. Hidrología del Río Ocoña**

El río Ocoña, perteneciente al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene su origen, aproximadamente, en la cota 4,350 m.s.n.m., en la quebrada constituida por el cerro Media Luna, localizada en la provincia de Parinacochas, del departamento de Ayacucho. Alimenta sus cursos de agua con las precipitaciones estacionales y de los deshielos de los nevados existentes en su cuenca alta.

La cuenca en estudio tiene una extensión de 15,578 km<sup>2</sup>, de la cual el 78 %, ósea 12,231 km<sup>2</sup>., corresponde a la denominada cuenca imbrífera o húmeda. La escasa información pluviométrica disponible pone de manifiesto que durante los meses de Enero a Marzo precipita la mayor parte del total anual y que la estación mas seca corresponde a los meses de Junio a Setiembre.

El escurrimiento superficial del río Ocoña se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta y con gran incidencia, de los deshielos de los nevados, cuyos aportes contribuyen a mantener un caudal elevado en época de estiaje; ello hace del río Ocoña uno de los mas regulares de nuestra Costa. Los nevados mas importantes son: Solimana, Coropuna, Firura, Sapohuana, Chulluni y Sara Sara.

A pesar de que los caudales registrados dejan mucho que desear, por la forma como son obtenidos y por comprender un periodo demasiado corto, se ha creído conveniente hacer referencia a ciertos parámetros principales que proporcionen una idea preliminar del comportamiento del río. Así se tiene que el modulo anual ha sido de 46.11 m<sup>2</sup>/seg., equivalente a un volumen medio anual de 1,454'125,000 m<sup>3</sup>.; la descarga máxima estimada ha sido de 400.00 m<sup>2</sup>/seg. y la mínima de 15.21 m<sup>3</sup>/seg. El volumen máximo medio anual para el periodo citado asciende a 1,769'800,000 m<sup>3</sup>. y el mínimo medio anual a 975'317,000 m<sup>3</sup>.

##### **1. Control de Calidad de las Aguas**

El control efectuado durante el periodo de estiaje, indican que las aguas tienen un contenido de sales moderado y medio de sodio (C2S2). Este resultado permite establecer que estas aguas, por su contenido de sales, son de buena calidad para cultivos que se adoptan o toleran moderadamente la sal, siendo su uso peligroso para plantas muy sensibles y suelos impermeables; por su contenido de sodio, son

de uso peligroso en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio, especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso, pudiendo usarse en suelos de textura gruesa entre la arenosa y franca u orgánicos con permeabilidad adecuada.

El muestreo realizado en el periodo de avenidas, indica que las aguas tienen un contenido de sales moderado y de sodio bajo (C2S1). Este resultado permite establecer que estas aguas, por su contenido de sales, son de buena calidad para cultivos que se adoptan o toleran moderadamente la sal, siendo de uso peligroso para plantas muy sensibles y suelos impermeables; por su contenido de sodio, no presentan limitaciones de uso.

La sal imperante en las muestras tomadas durante el periodo de estiaje es el sulfato de sodio y las de las tomadas durante el periodo de avenidas son los bicarbonatos de sodio y calcio. La muestra en la que se determino el contenido de boro puede clasificarse como de excelente a buena, aun para cultivos no tolerantes, siendo su contenido de 0.4 p.p.m. El pH de las muestras fluctúa entre 6.6 y 8.2.

#### **IV.5.7. Análisis de los Elementos Meteorológicos**

##### **a. Precipitación Pluvial**

La precipitación pluvial en la cuenca varia desde escasos milímetros en la costa árida y desértica, hasta un promedio estimado de 900 mm. en el sector mas alto correspondiente a la zona de nevados.

El sector lluvioso de la región estudiada alcanza un área aproximada de 7,169 km<sup>2</sup>. y esta comprendido entre el litoral marino y la cota altitudinal que oscila entre los 2,000 m.s.n.m. por el lado suroeste y los 2,200 m.s.n.m. por el lado sureste. El promedio de lluvias en dicho sector se estima que es de unos 75 mm., variando desde escasos milímetros (Urasqui: 0.7 mm.) en la parte baja hasta unos 150 mm. (Chichas: 153.9 mm.) en la parte mas alta de la formación (2,100 m.s.n.m.). Es conveniente hacer notar que la faja de costa próxima al litoral marino esta influenciada, en lo que a precipitación pluvial se refiere, por la condensación de las neblinas invernales de la costa (Junio - Agosto).

En el sector comprendido entre la cota anteriormente señalada y el nivel altitudinal de los 3,100 - 3,200 m.s.n.m. (2,486 km<sup>2</sup>), se cuenta con información de las estaciones meteorológicas de Pausa, Tomepampa, Cotahuasi, Lampa y Yanaquihua, estimándose un

promedio anual de 216 mm. para este sector y oscilando la precipitación entre 150 mm. en el nivel mas bajo y 250 mm. en el mas alto.

En el siguiente sector, es decir en el área comprendida entre el nivel altitudinal anteriormente indicado y la cota de los 3,600 m.s.n.m. (1,985 km<sup>2</sup>.), se cuenta con información de las estaciones de Salamanca e Incuyo, con 290.8 mm. y 363.2 mm., respectivamente, que hacen un promedio de precipitación de alrededor de 325 mm. anuales, el cual oscilaría entre 250 y 400 mm. de promedio en los niveles mas bajo y mas alto, respectivamente.

De acuerdo al análisis de precipitación de los dos sectores inmediatos anteriores, se observa que hay una tendencia a disminuir la precipitación en el área suroriental. Así, se tiene las estaciones de Yanaquihua a 3,030 m.s.n.m. y de Salamanca a 3,203 m.s.n.m. solo registran 118.2 mm., 290.8 mm., respectivamente.

En el sector inmediato superior, que alcanza hasta el nivel altitudinal de los 3,900 m.s.n.m. (1,470 km<sup>2</sup>.), se observa un brusco incremento en la precipitación. Se estima un promedio de alrededor de 600 mm. anuales, existiendo en la parte baja una precipitación aproximada de 400 mm. anuales y en la parte alta, algo mas de 750 mm. En este sector, se encuentran las estaciones de control meteorológico de Puica con 703.7 mm. y de Chincayllapa con 778.5 mm. de precipitación promedio anual.

En el sector comprendido entre los 3,900 y los 4,800 m.s.n.m., solo se cuenta con la información meteorológica de la estación de Urayhuma con 846.7 mm. de precipitación anual, estimándose que el promedio en este sector debe alcanzar los 800 mm. promedio anual, con rangos de oscilación entre 750 y 850 mm.

Finalmente, en el área situada sobre los 4,800 m.s.n.m. (2,527 km<sup>2</sup>.) y que comprende el sector de los nevados, no se cuenta con información meteorológica, pudiéndose asumir que el promedio de precipitación debe estar alrededor de los 900 mm. y que gran proporción de esta precipitación cae en estado sólido (nieve y granizo).

La regularidad de los regímenes mensuales de los valores máximos y mínimos extremos, puede observarse la existencia de notables oscilaciones pluviales que, en algunas estaciones, alcanzan a los 348 mm. (estación de Puica). Se podría considerar que estas oscilaciones excesivas son producto de la alternancia de años muy abundantes en

lluvias con años de escasez extrema, siendo esto indicativo de que en el área es de esperarse una variación anual muy marcada que no esta sujeta a periodicidad y cuyo resultado seria muy perjudicial para las actividades agropecuarias.

## **b. Temperatura**

La temperatura es el elemento meteorológico mas ligado en sus variaciones al factor altitudinal. En las cuencas hidrográficas materia del presente estudio se ha podido apreciar que varia desde el tipo semi - cálido ( $19^{\circ}$  C aproximadamente), en el área de la costa, al tipo polar (menos de  $1.5^{\circ}$  C), en el sector de nevados, quedando comprendida entre estos extremos una serie de variaciones térmicas que caracterizan a cada uno de los pisos altitudinales dentro de la región. Se observa en las estaciones ubicadas cerca del litoral presentan un régimen térmico muy similar, estimándose además que sus valores deben aumentar en relación directa con la altitud, fenómeno este que se mantendría aproximadamente hasta unos 800 m.s.n.m., a partir de cuyo nivel la temperatura empezaría a descender notablemente conforme se gane mayor altura. El promedio anual de temperatura de las estaciones de Punta Atico y Ocoña, que son las mas cercanas al mar (20 y 38 m.s.n.m., respectivamente), es de aproximadamente  $18.6^{\circ}$  C, mientras que el promedio de la estación de Caravelí (1,779 m.s.n.m.), que se halla casi a 58 km. en línea recta del litoral, es de  $18.7^{\circ}$  C. Estas temperaturas presentan dos épocas bien marcadas durante el año, siendo mayores en verano, con su valor en promedio mas alto en los meses de Enero, Febrero y Marzo ( $21.4^{\circ}$  C aproximadamente) y menores en invierno, con su valor mas bajo en los meses de Junio, Julio y Agosto ( $16.5^{\circ}$  C aproximadamente).

Con respecto a las temperaturas mensuales máximas extremas (PMME), las estaciones cercanas al litoral: Punta Atico y Ocoña, alcanzan un promedio de  $22.7^{\circ}$  C, siendo el valor mas bajo el registrado por la estación de Punta de Atico en el mes de Julio ( $18.0^{\circ}$  C) y el valor mas alto el registrado por la estación de Ocoña en el mes de Marzo ( $26.0^{\circ}$  C); mientras que el promedio obtenido en la estación de Caravelí es de  $29.0^{\circ}$  C, registrándose el valor mas bajo en el mes de Julio ( $27.8^{\circ}$  C) y el mas alto en el mes de Enero ( $30.0^{\circ}$  C).

Las temperaturas mensuales mínimas extremas (pmme) de las estaciones de Punta Atico y Ocoña están alrededor de  $14.5^{\circ}$  C, siendo el valor mas bajo el registrado por la estación de Ocoña en el mes de Agosto ( $12.1^{\circ}$  C) y el valor mas alto el registrado por la estación de Punta Atico en el mes de Febrero ( $18.4^{\circ}$  C), mientras que el promedio

mas bajo fue registrado en el mes de Julio de 1966, alcanzando un valor de - 16.0° C.

### **c. Humedad Relativa**

Este elemento meteorológico es registrado por cuatro estaciones, de las cuales dos se encuentran cercanas al litoral (Punta Atico y Ocoña), mientras que Caravelí y Cotahuasi se ubican en el sector de Sierra Baja.

Los promedios anuales de humedad relativa, calculados para cada una de las estaciones con datos estadísticamente confiables, se observa, en sentido general mayores valores de H.R. en el sector de las estaciones ubicadas cerca del litoral (78 %) y menores en las de Sierra Baja (44 % y 47 %); además, mientras en el primer sector el régimen de H.R. cobra mayor intensidad en invierno, en las restantes ocurre este incremento en los meses de verano.

Las estaciones de Punta Atico y Ocoña ofrecen registros mas altos en lo que a promedio anual de humedad se refiere (77 %), presentando, asimismo, muy poca oscilación media anual (7 %). Cabe anotar que, a medida que se aleja del litoral, el valor promedio anual se hace mas bajo (44 %), sufriendo los valores mensuales mayor oscilación (Caravelí).

Este tipo de regimen de H.R. en las estaciones ubicadas cerca del litoral se puede explicar como consecuencia de las persistentes nieblas advectivas que cobran mayor intensidad durante los meses mas fríos, mientras que tierra adentro la influencia de las nieblas advectivas de invierno es menos marcada; asimismo, la insolación solar, que cobra en este sector mayores valores durante estos mismos meses, desea el ambiente atmosférico motivando un menor porcentaje de H.R.

En lo que respecta a los valores maximos y minimos extremos, se estima que el PMME esta alrededor de 95 % en el sector cercano al litoral y de 69 % en el sector donde se ubica la estación de Caraveli; el pmme esta, asimismo, alrededor de 57 % en el litoral y de 20 % para la estación de Caravelí.

En el sector altitudinal inmediato superior, de 2,200 a 3,200 m.s.n.m., se cuenta con la información de la estación de Cotahuasi; dicha información permite apreciar que existe una fuerte oscilación de la H.R. (28 %), al mismo tiempo que se registra un fuerte descenso en



su promedio anual, que es de 47 %. En este sector, el régimen de distribución mensual se presenta invertido con respecto al régimen de H.R. en la zona del litoral. Los mayores valores de H.R. están registrados entre los meses de Enero y Abril, mientras que los mas bajos ocurren entre Agosto y Diciembre.

#### **d. Evaporación**

Este elemento meteorológico ha sido registrado por las estaciones de Punta Atico y Ocoña en el sector cercano al litoral; Caravelí y Cotahuasi en el sector de la Sierra Baja.

En el sector cercano al litoral, los datos estadísticos presentan muy fuerte diferencia entre los totales promedio anuales registrados para cada estación. Así, mientras en Punta Atico, a 20 m.s.n.m., se tiene un promedio anual de 839.6 mm. de evaporación, en Ocoña a 38 m.s.n.m., se registran 1,244.0 mm.

En términos generales, considerando los registros de la estación de Punta Atico como los mas confiables, se observa que los valores máximos promedio mensual de evaporación de registran en los meses de verano (Enero a Abril), alcanzando un promedio de 83 mm.; a su vez, los valores mas bajos corresponden a los meses fríos de Junio a Octubre, con 58 mm. aproximadamente y donde, al mismo tiempo, se registran los valores mas altos de H.R. En cuanto a la estación de Ocoña, esta presenta una información bastante irregular, por lo cual no ha sido tomada en cuenta.

En el sector de Sierra Baja se tiene las estaciones de Caravelí y Cotahuasi; la primera registra los mas altos valores de evaporación anual (2,002.2 mm.). La razón de ello estaría en el hecho de que por su posición topográfica soporta el mas alto índice de insolación anual, factor que esta en relación directa con la evaporación. En esta estación, los mayores promedios mensuales se presentan de Julio a Diciembre, con alrededor de 192 mm. y los menores entre Enero a Junio, alcanzando un promedio mensual alrededor de 142 mm.

En lo que respecta a los valores mensuales extremos, se observa que confrontan una oscilación amplia; la estación registro el valor mas alto en el mes de Julio de 1966, con 241.2 mm. de evaporación.

La estación de Cotahuasi tiene un promedio anual de aproximadamente 1,887.4 mm. de evaporación, presentándose los mayores valores de Abril a Diciembre, en que el promedio mensual

esta alrededor de 178 mm., y los menores valores entre Enero a Marzo, alcanzando un promedio mensual de 95 mm. aproximadamente. La oscilación del régimen mensual promedio puede considerarse como normal, es decir, con valores alto en los meses de estiaje y bajos en los meses lluviosos.

#### **e. Nubosidad**

Este elemento meteorológico solo es registrado por las estaciones de Punta Atico y Ocoña, que se hallan muy cerca al litoral.

El promedio anual de nubosidad es variable. Así, mientras que en la estación de Punta Atico (20 m.s.n.m.), se estima un promedio anual de 5/8, que puede considerarse como relativamente bajo, pues solo llega a cubrir parcialmente el cielo, en la estación de Ocoña (38 m.s.n.m.), se registra un promedio anual de 4/8, lo que indica que este promedio tiende a disminuir en dirección hacia el interior.

en términos generales, se puede asumir que para las estaciones ubicadas cerca al litoral los valores máximos de nubosidad se registran en los meses invernales de Junio a Setiembre, con un promedio mensual de 6/8, y los valores mínimos de Octubre a Mayo, con un promedio mensual de 4/8.

### **IV.6. SUPERFICIE AGROPECUARIA POR CUENCAS Y DISTRITOS**

En el presente capítulo se ha desarrollado con cierta amplitud todas las cuencas de Arequipa, sus características hidrográficas e hidrológicas, asimismo los diferentes parámetros meteorológicos que permitirán visualizar con claridad las implicancias de determinadas regiones o localidades que tengan que ver con el impacto ambiental derivado de la actividad minera. Seguidamente se presenta la superficie agropecuaria y agrícola por cuencas y por distritos que actualmente se están desarrollando y que de alguna manera deberán tomarse en cuenta en la actividad minera y otras.

CUADRO N° 28

Distritos		Sup. Agrop	Sup Agr.
<b>TOTAL</b>		<b>2041092.50</b>	<b>117344.31</b>
<b>AREQUIPA</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>324702.04</b>	<b>43910.64</b>
	AREQUIPA	270.07	248.10
	CAYMA	559.71	511.63
	C. COLORAD	2401.99	2062.47
	CHARACATO	7549.28	831.87
	CHIGUATA	2923.57	1004.54
	JACOBO HUNTER	679.85	615.76
	LA JOYA	10040.13	8720.53
	MIRAFLORES	7.08	1.50
	MOLLEBAYA	286.83	280.90
	PAUCARPATA	462.44	447.73
	POCSI	14459.00	601.27
	POLOBAYA	43161.15	1044.89
	QUEQUEÑA	461.16	445.43
	SABANDIA	421.51	411.49
	SACHACA	1075.33	1004.92
	SAN JUAN DE SIGUAS	2682.99	2447.87
	SAN JUAN DE TARUCANI	184332.66	818.47
	SANTA ISABEL DE SIGUAS	798.68	727.34
	SANTA RITA DE SIGUAS	2535.16	2071.99
	SOCABAYA	1030.04	929.22
	TIABAYA	1356.76	1236.84
	CHUMAYO	1649.18	1503.26
	VITOR	2738.80	2351.60
	YANAHUARA	129.64	120.56
	YARABAMBA	463.71	448.96
	YURA	997.20	954.04
	LLUTA	41228.11	12067.47
<b>CAMANA</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>10581.96</b>	<b>9756.84</b>
	CAMANA	615.89	606.03
	JOSE MARIA QUIMPER	571.40	570.96
	MARIANO NICOLAS VALCARCEL	331.89	248.59
	MARISCAL CACERES	3447.59	3094.00
	NICOLAS DE PIEROLA	1449.77	1396.86
	OCOÑA	1683.15	1617.21
	QUILCA	409.19	376.33
	SAMUEL PASTOR	1227.83	1178.67
	RIO GRANDES	845.26	667.41
<b>CARAVELI</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>145952.83</b>	<b>10110.31</b>
	CARAVELI	710.20	577.50
	ACARI	2003.64	1941.69
	ATICO	142.16	135.41
	ATIQUIPA	20456.25	256.37
	BELLA UNION	4914.19	2874.76
	CAHUACHO	30146.98	492.20
	CHALA	10136.35	134.70
	CHAPARRA	795.16	748.58
	HUANUHUANU	25069.59	133.01
	JAQUI	1203.39	998.76
	LOMAS	300.00	300.00
	QUICACHA	49239.92	701.18
	YAUCA	835.00	816.15
<b>MAJES</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>189070.16</b>	<b>15472.10</b>
	APLAO	3783.48	3486.12
	ANDAGUA	3055.63	840.96
	AYO	435.87	390.39
	CHACHAS	51465.54	483.23

	CHILCAYMARCA	11425.18	91.33
	HUANCARQUI	919.40	662.41
	MACHAGUAY	12606.34	969.64
	ORCOPAMPA	6858.414	632.23
	PAMPACOLCA	20259.80	2302.88
	TIPAN	494.88	405.61
	UÑON	5265.84	315.72
	URACA	3326.20	3232.72
	VIRACO	7447.59	1658.84
<b>CAYLLOMA</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>971220.87</b>	<b>13657.17</b>
	CHOCO	22612.93	341.92
	CHIVAY	27506.58	671.61
	ACHOMA	38053.83	1326.08
	CABANA CONDE	45054.66	1498.85
	CALLALLI	135094.51	117.00
	CAYLLOMA	147334.23	0.00
	COPORAQUE	10646.53	650.43
	HUAMBO	8708.64	1058.16
	HUANCA	29125.06	1189.22
	ICHUPAMPA	7258.61	378.16
	LARI	32159.99	615.87
	MACA	20467.61	926.84
	MADRIGAL	629.52	347.25
	SAN ANTONIO DE CHUCA	93545.30	0.00
	SIBAYO	26845.34	70.00
	TAPAY	14033.70	344.40
	TISCO	140037.18	250.10
	TUTI	20978.51	242.35
	YANQUE	91425.81	3323.27
	CAYARANI	64702.33	305.66
<b>CHUQUIBAMBA</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>239116.30</b>	<b>5120.55</b>
	CHUQUIBAMBA	16052.91	1454.58
	ANDARAY	43436.86	831.43
	CHICHAS	11772.93	586.58
	IRAY	673.74	591.10
	SALAMANCA	108084.10	586.55
	YANAQUIHUA	59095.75	1070.30
<b>ISLAY</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>13331.68</b>	<b>12332.21</b>
	MOLLENDO	2915.35	2576.28
	COCACHACRA	3773.47	3566.66
	DEAN VALDIVIA	3030.39	2823.23
	ISLAY	21.29	7.02
	MEJIA	987.78	808.29
	PUNTA DE BOMBON	2603.39	2350.72
<b>COTAHUASI</b>	<b>SUB TOTAL</b>	<b>147116.67</b>	<b>6984.50</b>
	COTAHUASI	7435.11	1005.65
	ALCA	19269.06	758.51
	CHARCANA	1582.01	509.01
	HUAYNACO-TAS	38313.21	913.29

## **CAPITULO V**

### **ACTIVIDAD VOLCANICA EN EL SUR DEL PERU**

#### **V.1. INTRODUCCION**

El concepto de amenaza de cualquier fenómeno de origen natural significa un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada vulnerable a este fenómeno. La incapacidad de una comunidad a una respuesta positiva a los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente se denomina vulnerabilidad.

La vulnerabilidad, está asociado a las actividades socioeconómicas. Para catalogar que un fenómeno natural se considere de riesgo dependerá del lugar de ocurrencia si se encuentra ocupado por una comunidad y/o infraestructura vulnerable. El grado de probabilidad de ocurrencia será el indicativo del nivel de amenaza en esa comunidad y/o infraestructura. Para que se convierta o no en desastre dependerá de la magnitud real con que efectivamente se manifieste el fenómeno.

La parte occidental de América del Sur, representa durante los últimos 100 años la región de mayor actividad eruptiva, y particularmente los cinturones de los Andes Septentrionales y los Andes Meridionales. Sin embargo, el cinturón de los Andes Centrales, en términos de "pronóstico eruptivo", constituye una de las regiones de mayor peligro volcánico. Esta afirmación es efectiva si se considera las características magmáticas de este sector, donde predominan los productos viscosos de composición dacítica y riolítica, generando fuertes sobrepresiones, y donde la dinámica de placas es muy intensa.

De las características petrográficas de los productos volcánicos, se pueden deducir el grado de peligrosidad de una erupción, la cual puede ser tranquila o altamente explosiva. Así aquellas erupciones causadas por magmas ricos en sílice, como es el caso de lavas dacíticas y riolíticas, que tienen una gran viscosidad impidiendo la libre circulación de gases, se transforman en erupciones altamente explosivas, generadoras en muchos casos de nubes ardientes y grandes flujos de ceniza acompañado de una fuerte inyección de material piroclástico en la atmósfera que puede alcanzar aproximadamente hasta los 15 o 20 mil metros de altura. Mientras que aquellas erupciones asociadas a magmas básicos, son relativamente tranquilas, los gases escapan libremente y la lava fluye muy líquida, con escasa eyección de material piroclástico. Sin

embargo la mayoría de las erupciones en la zona Suroccidental del Perú están asociados a magmas de tipo intermedio o de composición andesítica, la cual genera erupciones cuyo grado de explosividad es variable, llegando en algunas ocasiones a eyectar abundantes piroclastos seguidos de pequeños flujos de lava, tal es el caso de los volcanes como El Misti, Ubinas y del Sistema Ampato.

Considerando que los volcanes del Sur en muchos casos sobrepasan fácilmente los 5500 m.s.n.m. es que la mayor parte se encuentran cubiertos de hielo y nieve, por lo que representa una gran peligrosidad para las comunidades cercanas así como a las infraestructuras por la generación de lahares.

Los volcanes tienen un comportamiento propio, la composición de los magmas, el grado de violencia de las erupciones y consiguiente peligro difieren notablemente de un volcán a otro. Es importante incidir en el mejor conocimiento de nuestros volcanes y determinar el peligro potencial de cada uno de ellos para que no ocurra en el futuro daños a las comunidades o infraestructuras.

En el sur del Perú tenemos 4 volcanes con actividad magmática y fumarólica: Sabancaya (erupcionó entre 1990 a 1996), Ubinas, Tutupaca y Misti (con actividad fumarólica), y 11 volcanes potencialmente activos: Sara Sara, Coropuna, Firura, Ampato, Chachani, Ticsani, Huaynaputina, Calientes (Yucamane), Paucarani, Purupuruni y Casiri. Además hay que considerar la zona del valle de los volcanes (Andagua) como potencialmente activo. La actividad volcánica más resaltante en los últimos años en el sur de nuestro territorio corresponde al Sabancaya.

## **V.2. EL VOLCAN MISTI**

### **V.2.1. Ubicación**

La actividad volcánica en el Sur del Perú se asocia al proceso de subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa de Sudamérica. El último episodio intenso de volcanismo Plio-Cuaternario se inicio hace más de dos millones de años y exhibe como producto de su desarrollo los macizos y conos volcánicos que se alinean en el borde Occidental de la Cordillera de los Andes en el Sur del Perú. El Misti está a 18 km. al Noreste de Arequipa, capital del departamento del mismo nombre. Su cumbre tiene como coordenadas 16°17'15" Sur y 71°24'21" Oeste y 5,825 m.s.n.m.

### V.2.2. Estructura

Categoría: Fumarólico. El cono del Misti abarca dos edificios; el estratovolcán joven hacia el Este y Sureste se formó al lado y recubriendo el antiguo estratovolcán de edad pleistocénica hacia el Oeste y Noroeste. Avalanchas de escombros hacia el Oeste y Suroeste, atestiguan el derrumbe parcial del antiguo edificio volcánico. La cumbre del Misti es una somma ó caldera, cuyo borde exterior tiene un diámetro de 835 m. y 120 m. de profundidad. En el punto más alto del borde exterior está colocado una cruz de hierro. Las paredes del borde exterior son verticales, excepción hecha de una hendidura al

### CUADRO Nº 29

#### VOLCANES ACTIVOS EN EL SUR DEL PERU

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
Sabanca ya	15° 48'	71° 52'	5,976	Estratovolcán andesítico	En actividad eruptiva piroclástica desde mayo de 1990. Presencia de hielos y nieve en su cumbre.
Ubinas	16° 21'	70° 54'	5,672	Estratovolcán andesítico	El volcán más activo del Perú, desde 1552. Erupciones en 1599, 1662 y en la actualidad: actividad fumarólica. Sin glaciales en su cumbre
Misti	16° 17' 15"	71° 24' 21"	5,825	Estratovolcán andesítico	Ultima erupción en el siglo XV, otras menores en mayo de 1577, julio de 1784, julio a octubre de 1787; observándose actividad fumarólica hasta 1985. Sin hielo ni nieve en su cumbre.

Suroeste del borde. Esta hendidura quizás sea el resto de una abertura que fue rellenada por piroclastos. El cráter interior esta rodeado por un cono de cenizas de 450 m. de diámetro y 120 m. de profundidad cuyo piso tiene 130 m. de diámetro. El cráter está ubicado al Sureste de la caldera. Las paredes del cráter interior son casi verticales.

El domo se encuentra cubierto por una capa de azufre de color amarillo, sobre un deposito de clastos angulares. El Misti, está

formado por lava andesítica y materiales piroclásticos como ceniza, lapilli, pómez. El análisis químico de sublimados del domo muestran: azufre nativo, sulfatos solubles de calcio, amonio y aluminio, cloro y trazas de boratos, magnesio y hierro trivalente (Parodi 1966).

### **V.2.3. Evolución**

Por lo menos 20 erupciones en los últimos 14,000 años, incluyendo colapso sectorial. Hace 2,100 años erupción mayor de una ignimbrita, hace 600 años aprox. mayores erupciones estrombolianas (dataciones radiométricas  $C^{14}$ , Thouret 1996). Desde 1440-1480 se reporta actividad explosiva (cenizas negras, lapilli y bombas) del Misti, cubriendo la actual ciudad de Arequipa, Además hay reportes de actividad el 02/05/1677 (fumarolas), el 09/07/1784 (llamaradas), el 28/07/1787 al 10/10/1787 (fumarolas).

### **V.2.4. Estado Actual**

Durante la emisión de estas fumarolas se siente un ruido de bajo tono y al ingresar el viento al cráter interior produce un movimiento convectivo y las fumarolas se ven forzadas a salir en forma de bocanadas al exterior, disipándose en forma de mantos de nubes fuertemente cargadas de compuestos de azufre. En el interior del cráter es casi imposible permanecer sin máscara. La temperatura de las fumarolas se estima ser mayor de 100 C°, desde el piso del domo hasta la cumbre del borde exterior, está cubierto por azufre amarillo.

El Misti no es un volcán inactivo, su actividad fumarólica se incrementa con más intensidad al finalizar el verano. Esto se explica porque durante el verano se acumula gran cantidad de agua que ingresa a través de las grietas y fisuras del cráter y debido al calor propio del hogar magmático, se evapora y sale a través de las fisuras y durante este proceso arrastra compuestos mayormente de azufre y los deposita en el borde de las fisuras y grietas.

Se ha reportado actividad fumarólica entre 1948-1949 y 1984-1985

### **V.2.5. Riesgo Volcánico**

El problema relativo al peligro tiende a agravarse, pues la ciudad en su expansión continúa acercándose al volcán, para albergar una población cercana a un millón de habitantes e infraestructura de desarrollo importante que se encuentra expuesta a un alto riesgo. La expansión urbana y planificación productiva sin contar



con información relativa al peligro ó amenaza volcánica que puede ser precaria: por ejemplo a pocos km. se ubica un sistema de represas con una capacidad de 340 millones de metros cúbicos y las centrales hidroeléctricas de Charcani.

Aspecto Estructural: La actividad volcánica en el Sur del Perú se asocia al proceso de subducción ó deslizamiento de la Placa de Nazca por debajo de la Placa de Sudamérica. El último episodio intenso de volcanismo Plio-Cuaternario se inicio hace más de dos millones de años y exhibe como producto de su desarrollo los macizos y conos volcánicos que se alinean en el borde Occidental de la Cordillera de los Andes en el Sur del Perú. El marcado alineamiento de los volcanes Pichupichu, Misti, Chachani y Ampato, sugiere una zona de debilitamiento con rumbo Norte 45° Oeste, por donde emplazaron los volcanes mencionados. En la Fig. Nro 13 se observa el plano de Amenaza volcánica para emisiones de naturaleza ácida y en la Fig. Nro 14 para emisiones de naturaleza intermedia.

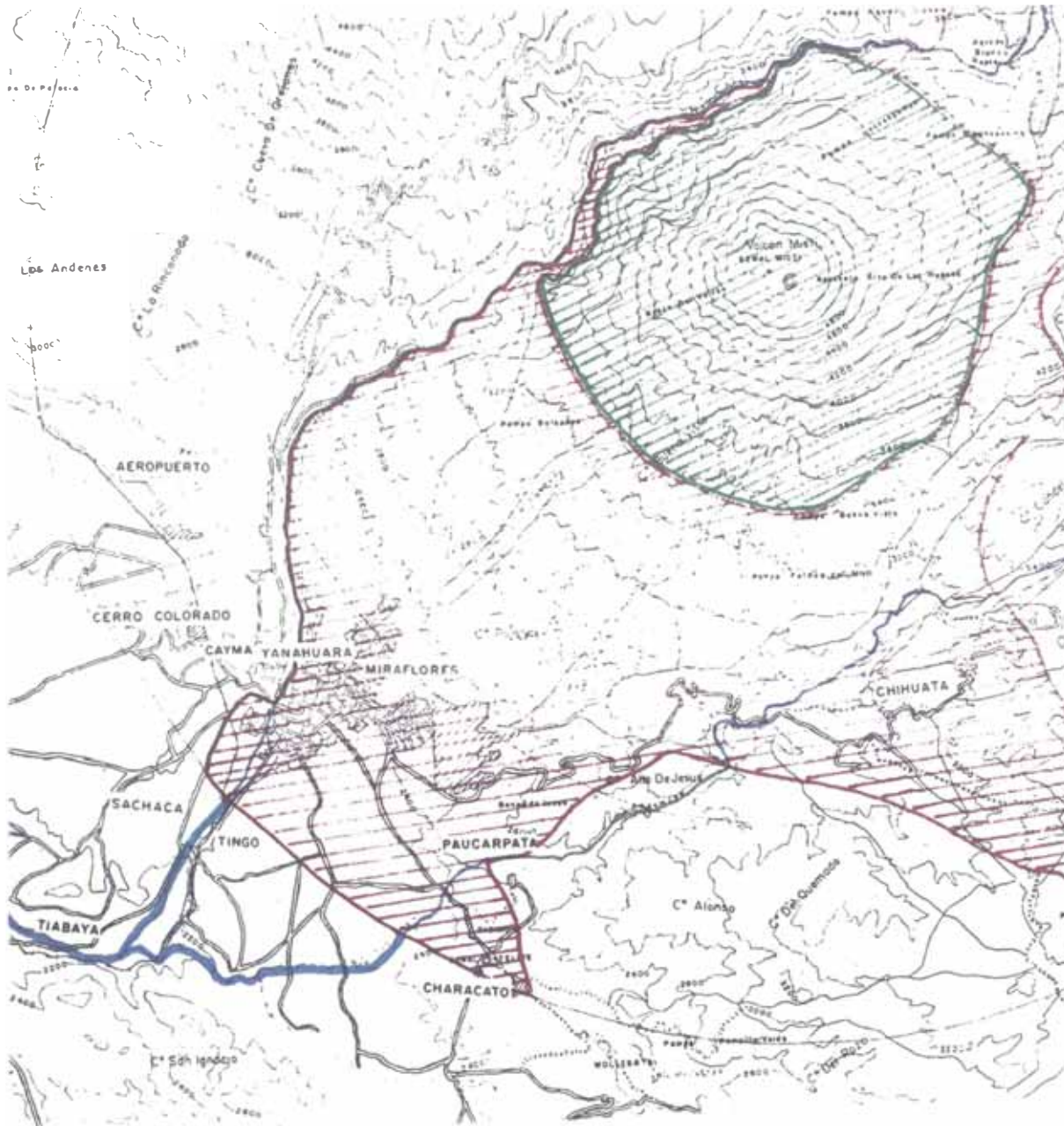
#### **V.2.6. Características Físicas**

La cumbre del Misti tiene como coordenadas 16°17'15" Sur y 71°24'21" Oeste y una altura 5,825 m.s.n.m., en donde se encuentra una cruz de rieles.

La corona externa del cráter, conocida en forma de dientes de serrucho, se desmorona continuamente y va perdiendo altura. Su altura es de 3,500 metros sobre Arequipa (Plaza de Armas) y de 1,900 metros sobre el Altiplano (Aguada Blanca).

La disparidad de estos datos pone en evidencia su ubicación sobre el enorme accidente de la corteza terrestre, lo mismo que los demás volcanes del Perú y Chile, estos accidentes es una zona de debilidad de que ha favorecido el surgimiento del magma que se traduce en lava y en el material explosivo.

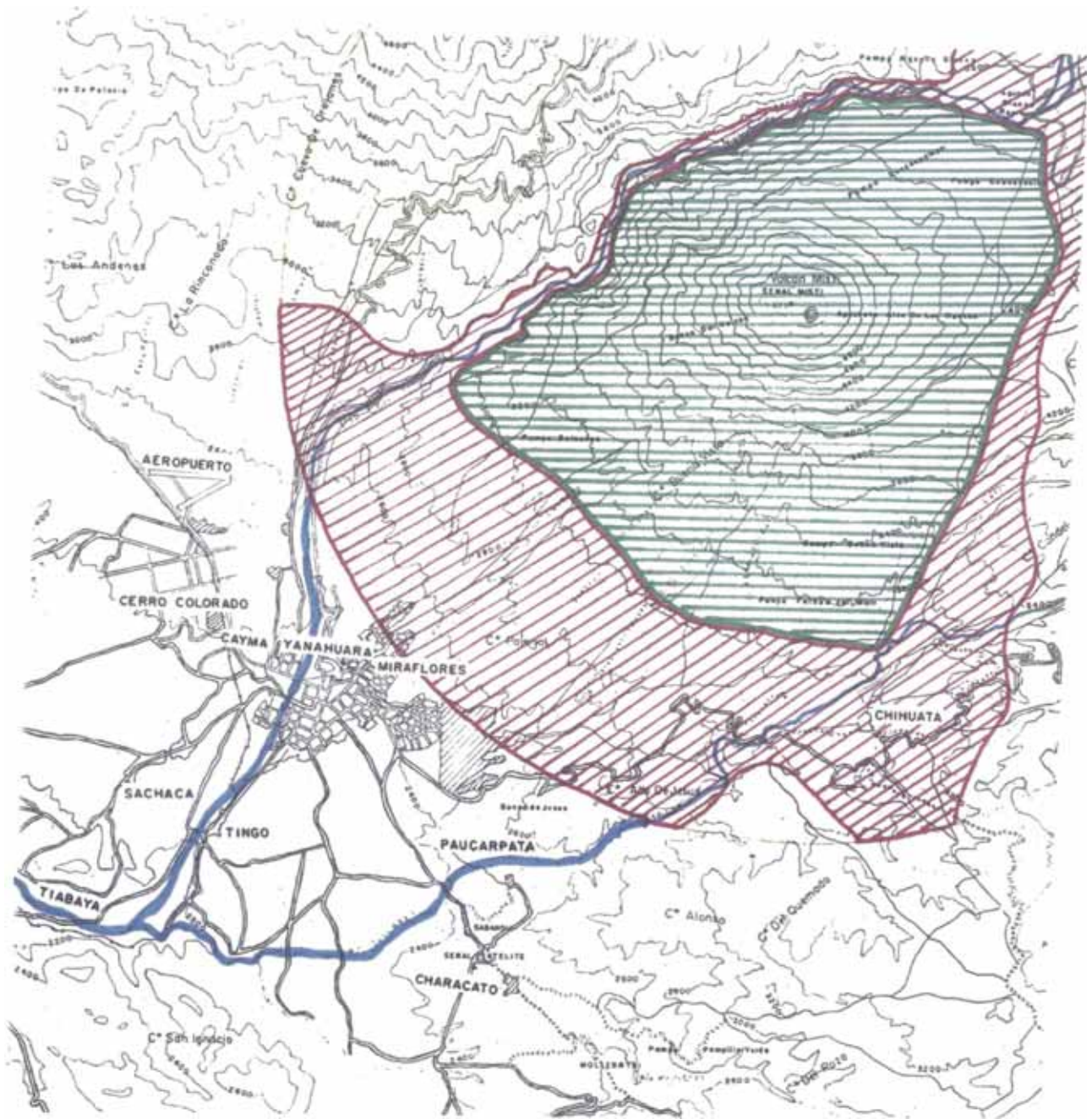
El volcán Misti es un cono compuesto, su volumen es de 150 mil millones de m<sup>3</sup> con un peso promedio de 195 mil millones de toneladas métricas; terminando de construir su edificio hace 140.000 años (?); normalmente al Misti, pese a su altura de 5825 m.s.n.m. no presenta hielos permanentes, históricamente no se conoce la formación de un casquete glacial. En tiempos "normales" hemos observado la presencia de algunos hielos de estación durante el invierno y aún el verano.



LEYENDA	
Peligro de Flujos de Lava	Peligro de Lahores
Peligro de Flujos Piroclásticos	
ALTO	BAJO

DHA/UNDRU-UNSA
PELIGRO VOLCANICO POTENCIAL DEL MISTI
PLANO DE AMENAZA VOLCANICA
EMISIONES DE NATURALEZA ACIDA

**FIG. N° 13 PLANO DE AMENAZA VOLCANICA EMISIONES DE NATURALEZA ACIDA**



LEYENDA	
Peligro de Flujos de Lavo	Peligro de Lahares
Peligro de Flujos Piroclasticos	
ALTO	BAJO

DHA/ UNDR0 - UNSA
PELIGRO VOLCANICO POTENCIAL DEL MISTI
PLANO DE AMENAZA VOLCANICA
EMISIONES DE NATURALEZA INTERMEDIA

**FIG. N° 14 PLANO DE AMENAZA VOLCANICA EMISIONES DE NATURALEZA INTERMEDIA**

### V.2.7. Actividad Fumarólica Actual

La mayor actividad fumarólica actual se produce en el Domo, con un olor característico del ácido sulfhídrico, se aprecia desde el exterior, antes de arribar a la cima. El ácido clorhídrico acompaña a los gases en una proporción de 1.5 a 2% de vapor de agua, por esto el color de la fumarola es albo, la temperatura en las fisuras de emisión es de 100 a 120°C, otros gases están en proporciones menores.

Las incrustaciones formadas por la fumarola del Misti son de azufre, yeso anhídrita y ralstonita, trazas de borato y óxidos de hierro y magnesio.

### V.2.8. Breve Cronología de las Erupciones del Volcán Misti

- **Primer terremoto en los años 1440 - 1450.**
- Dos días de erupción con llamaradas que se ven desde la costa, proyecta cenizas negras, lapilli y bombas.

#### CUADRO N° 30

#### PLANIMETRIA DEL VOLCAN

-Cota más alta de la boca exterior	5825 m.
- Cota más alta de la boca interior	5747 m.
- Cota del punto más alto del Clima	5584 m.
- Cota del punto más bajo del cráter	5549 m.
- Error relativo en los valores acotados	1 m.
- Diámetro mayor de la boca exterior	935 m.
- Diámetro menor de la boca exterior	690 m.
- Diámetro mayor de la boca interior	545 m.
- Diámetro menor de la boca interior	520 m.
- Excentricidad del punto más alto	45 m. NW
- Excentricidad del punto más bajo	75 m. SE

- Segundo terremoto y temblores.
- Cinco días de erupción de cenizas negras y lapilli y bombas, grandes llamaradas.

#### **2 de mayo de 1677**

- Mucho ruido dentro del volcán.
- Bastante humo (por lo que subieron dos expediciones).

#### **9 de julio de 1784**

- Temblores en el día.

- 0.30 a.m de la madrugada, se siente un cañonazo y se observa un globo de fuego ó llamarada que se pierde por el lados de la sierra.

### **28 de julio al 10 de octubre de 1787**

- Los primeros días del mes de julio cae una intensa nevada que dura quince días.
- Grandes bocanadas de humo que cubren nueve cuadras del cráter, y continúa.
- Se siente mucho ruido en el volcán.

### **Años 1949 - 1984 - 1985**

- Moderada actividad fumarólica

### **V.2.9. Estudio Sísmico del Misti**

Se sabe que el monitoreo de la actividad sísmica ligada a la volcánica es probablemente el medio más eficaz para detectar las características sobresalientes y las variaciones de la actividad volcánica, aún antes de que sea visible en la superficie, de tal manera que un eventual proceso de erupción de un volcán estará precedido por manifestaciones sísmicas premonitoras de frecuencia e intensidad creciente.

En los 38 años de funcionamiento continuo de la Estación Telesísmica del Observatorio de Characato se ha logrado precisar que son muy pocos los sismos cuyos epicentros o distancias epicentrales sean compatibles con la ubicación del Volcán Misti, aunque es probable que el nivel de energía es inferior a la capacidad de detección de la Estación Telesísmica. De la distribución epicentral de sismos determinados por NOAA/USGS para el período 1964-1997 se deduce que la actividad sísmica en las cercanías del volcán es prácticamente nula.

Estudios de la conducta sísmica en el sur del Perú mediante redes sismográficas locales operadas por el Instituto Geofísico y la Institución Carnegie de Washington en los años de 1965, 1969 , 1975-1976 y 1986-1986 han permitido determinar con cierto detalle la distribución espacial de la actividad sísmica en la Región Arequipa. Lo más significativo de los resultados obtenidos en relación a la Cadena Volcánica, corresponde a la identificación de una zona relativamente amplia de liberación de energía sísmica superficial entre los 10 y 60 kilómetros de profundidad, ubicada a una distancia de la línea de costa que varía entre 60 y 100 kilómetros, es decir, al oeste de la Cadena Volcánica. Sin embargo, la distribución no es lo suficientemente definida como para afirmar la existencia de sismos de origen volcánico.

En los años de 1980 y 1981 se realizó una campaña sísmica por un equipo de científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Universidad de Grenoble, Francia. En esta vez también se observó que el nivel de la actividad sísmica era prácticamente nula en las proximidades del Misti.

Asimismo, El Instituto Geofísico del Perú en colaboración con la Escuela de Geofísica de la UNSA, realizaron un estudio sísmico del Misti a inicio de la década de los ochenta, determinándose una actividad de bajo nivel en las proximidades del volcán y de la ciudad de Arequipa, concluyéndose finalmente que no existe riesgo inmediato por una posible erupción, actualmente el Instituto Geofísico de la Universidad de San Agustín se encuentra monitoreando la actividad sísmica local y regional, no encontrándose ninguna anomalía al respecto.

#### **V.2.10. Amenaza Volcánica en la Ciudad de Arequipa**

El siguiente cuadro nos muestra los principales tipos de eventos volcánicos peligrosos:

**CUADRO N° 31**

TIPO DE EVENTO VOLCANICO	MISTI
Coladas de lava y domos	si
Flujos piroclásticos	si
Explosiones dirigidas	si
Lahares	no ?
Inundaciones	si
Avalanchas de debris	si
Proyectiles balísticos	si
Gases volcánicos	si
Caída de cenizas	si
Sismos volcánicos	si

Scott - 1989 (Tomado del estudio sobre riesgo volcánico por el Dr. Thouret J.C.- 1991).

Asimismo la tabla siguiente indica los criterios para la identificación de los altos riesgos de los volcanes:

#### **CONCLUSIONES**

1.- La ciudad de Arequipa con una población de casi un millón de habitantes está ubicada en una zona de alto peligro, en eventual ocurrencia de una erupción mayor.

**Se destaca dos niveles de peligro y vulnerabilidad:**

**2.- Peligro Directo:** La ciudad de Arequipa se encuentra asentada sobre abanicos compuestos de los depósitos de flujos piroclásticos, lahares y aluviones, provenientes del Misti durante los últimos 10,000 años; solamente algunos kilómetros de distancia separa el pie del cono y el límite superior de los poblados. El flujo piroclástico más reciente parece haber sucedido hace solamente mil años. Si volviera a ocurrir, afectaría gravemente a una población de decenas de miles de personas.

**3.- Peligro Indirecto:** El río Chili discurre de Norte a Oeste en las cercanías del cono volcánico y es una de las fuentes de agua potable de la ciudad, así como suministra el agua a una serie de 5 plantas hidroeléctricas que proporciona electricidad a la ciudad y es la fuente principal de agua de riego de la región, los productos eruptivos de futuras erupciones llegarán fácilmente a dicho río y podrían destruir o dañar seriamente la mencionada infraestructura con las obvias consecuencias socioeconómicas para Arequipa.

**4.- Derrames de Lava:** De producirse una actividad eruptiva como en el pasado del pasado, no representaría peligro para la ciudad directamente, sin embargo podrían llegar al río Chili fácilmente, destruir cualquier obra de ingeniería que se encuentre al paso y represar el río.

**5- Flujos Piroclásticos:** Durante el holoceno estos flujos han descendido varias veces las quebradas de San Lázaro, Guarangal, Santo Domingo, Santa Luisa, Chilina y la del convento Chilina y han formado abanicos que figuran hoy en día como la sede de varios Barrios populares de Arequipa, ( Independencia, Apurímac, Alto Selva Alegre, Gráficos, Alto Misti, Miraflores, Mariano Melgar, Alto San Martín, Miguel Grau, Jorge Chávez, Chilina y Ciudad Blanca). Por la quebrada Agua Salada y otras, tales flujos podrían afectar la zona de Chihuata localizada al Sureste del volcán.

**6.- Nubes de ceniza:** extremadamente calientes normalmente acompañan a los flujos piroclásticos y ellas podrían extenderse cientos de kilómetros.

**7.- Lahares:** Se han repetido muchas veces durante la historia reciente del Misti, han seguido las mismas rutas de los Flujos piroclásticos y sus depósitos se encuentran hoy en día subyaciendo los mismos barrios discutidos en el problema de los flujos piroclásticos. Futuras erupciones si estuvieran acompañadas de lluvias torrenciales podrían generar dichos lahares.

Afortunadamente el volcán Misti carece de un casquete glacial, pero durante el invierno ( Mayo a Octubre ) cuenta con una pequeña cobertura de nieve en las partes mas altas.

Las torrenteras que cruzan la ciudad deben servir como los desagües principales para cualquier inundación o lahar, sin embargo actualmente se ubican construcciones, muros, basurales y han sido tan estrangulados que no permiten una evacuación aún en los aluviones moderados.

**8.- Caída de Piroclásticos:** En el pasado reciente el área de la ciudad ha sido afectada por caída de cenizas y lapilli de pómez, por ejemplo, la erupción del Huaynaputina en el año de 1,600 dejó unos 12 centímetros de cenizas de color blanco; el Misti en el año 1,430 dejó unos 3 a 10 centímetros de ceniza negra y otra del Misti hace mil años dejó unos 50 centímetros de pómez, todas ellas depositadas en la ciudad y sus cercanías.

Tales potentes caídas podrían dañar gravemente las casas, edificios y otras estructuras, contaminar el agua potable, afectar el suministro de electricidad, así como comunicaciones y claramente causar desgracias a la población.

**9.- Avalanchas de Escombros:** Tales fenómenos, generalmente asociados con el colapso o derrumbe del cono, han sucedido en la historia antigua del Misti, No obstante al gran relieve topográfico del cono, casi 4,000 metros con respecto a la ciudad, es claro que este tipo de amenaza sea real y se debe intentar estimar su probabilidad aunque sea remota.

**10.- Explosiones Dirigidas Lateralmente o Verticalmente:** Generalmente ocurre asociado a la avalancha de escombros, ello podría producirse por el borde Sureste del cráter en la misma dirección indicada y afectada gravemente al distrito de Chihuata y anexos.

**11.- Colapso de Domos y Lavas:** Se han reconocido en el área muchos depósitos de este tipo procedentes del Misti. En unos casos su edad se estima en 100,000 ó más años atrás, se encuentran cubriendo una superficie antigua formada por flujos piroclásticos. Otros depósitos encontrados en la ciudad son de flujos piroclásticos probablemente asociados con el colapso de domos o lavas en la parte superior del cono del Misti durante el holoceno.

**12.-** El contenido de las fumarolas es esencialmente azufre, anhídrita, yeso y ralstonita que son precipitados por vapores ácidos de 100 a 125 grados centígrados; hay 2 a 6% de cloro y varias



partes por millón de sodio, potasio, magnesio, calcio, fierro y concentraciones de zinc en los vapores condensados.

**13.-** Los isótopos de hidrógeno y oxígeno indican presencia de aguas juveniles provenientes del magma y aguas meteóricas.

**14.- Gases Volcánicos:** Dado la gran altura del cráter y los vientos fuertes no representan mayor peligro, serán dispersados rápidamente; los constituyentes comunes investigados incluyen HCL, SH<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, y otros.

**15.-** Dado que futuras erupciones del volcán Misti llevan ciertos peligros y riesgos para la ciudad de Arequipa, es que el Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín tiene implementado un programa de monitoreo sísmico y medidas de deformación cortical.

**16.-** De lo expuesto se deduce que una eventual erupción del Misti, traería graves consecuencia a las actividades industriales por la posible interrupción del fluido eléctrico y agua., entre las actividades que podemos mencionar sería la de la Unidad de Producción de Cerro Verde, Cemento Yura y todas las empresas productivas de Arequipa.

### **V.3. EL VOLCAN SABANCAYA**

#### **V.3.1. Ubicación**

El volcán Sabancaya se encuentra situada en la Cadena Andina (Pliocuaternario), a 85 km. al Noroeste de la ciudad de Arequipa, y a 18 Km. del Cañón del Colca (Chivay), en la provincia de Caylloma, del departamento de Arequipa Este volcán forma parte de un sistema denominado Ampato (Ampato, Sabancaya y Hualcahualca), y forma parte de la Cadena Volcánica del Sur del Perú y tiene una altitud de 5,976 m.s.n.m.

#### **V.3.2. Estructura**

Este Volcán es el más joven del complejo Hualca Hualca-Ampato-Sabancaya. Se trata de un conjunto formado por dos conos . Su estructura esta montada entre los centros viejos y su flanco está formado por un extenso flujo de lava, cubriendo y rodeando el cono. cortos flujos de lava reciente están distribuidos alrededor de la cima del cráter y en las cercanías del cono volcánico.

### **V.3.3. EVOLUCION**

La reactivación se inició en noviembre de 1986, la actividad consistía de emisiones gaseosas mayormente por vapor de agua. Hasta ese año el cráter estuvo cubierto por un casquete de hielo en forma de cúpula que cubría hasta media ladera del cono, de igual forma el nevado Ampato de 6,288 metros de altitud. Desde tal fecha su actividad fue progresivamente creciente, las observaciones de campo realizadas en los años de 1987 y 1988 permitieron estimar que la columna de vapor se elevaba entre 500 y 1000 metros sobre el cráter a intervalos de 30 y 60 minutos.

En abril de 1989 se observó que la emisión gaseosa se levantaba como una pluma ligera gris de 2000 a 3000 metros sobre el cráter, la boca de emisión pudo haber tenido un diámetro de 1 metro. De ahí en adelante fue aumentando la fuerza explosiva, la que arrastraba además de vapor arena volcánica.

La actividad volcánica moderada se inició el 28 de Mayo de 1990, la débil actividad fumarólica del Sabancaya fue interrumpida por una fase de actividad explosiva, el 03/06/90 se produjeron explosiones cada 20 minutos, alcanzando su mayor intensidad los primeros días del mes de junio. La pluma eruptiva tenía una altura aproximada de 3000 a 4000 metros sobre el cráter con un color gris oscuro y ocasionalmente ocre; salía con fuerza y con ruido.

En julio cambió el color de la ceniza a gris blanquecino, en agosto la columna eruptiva disminuye su altura al haberse ensanchado su conducto de emisión a un diámetro aproximado de 05 a 10 metros.

Esta emisión explosiva que causaba trepidaciones del suelo similares a pequeños sismos, duró varios meses, amenazando un posible estallido del aparato volcánico. La actividad se debilitó a fines de 1991, pero volvió nuevamente a activarse con fuerza en los primeros meses de 1992. El ascenso realizado por el personal científico de la Universidad de San Agustín en noviembre de 1993 permitió observar que el conducto tenía una dimensión de 20 a 30 metros de diámetro.

### **V.3.4. Erupciones**

Las principales erupciones se han producido en los años de 1750, 1750, 1784, 1986, 1988, 1990

### **V.3.5. Riesgo Volcánico**

Una eventual erupción mayor puede afectar aproximadamente a 6,000 habitantes de los valles que drenan desde el complejo

volcánico. En un radio de 30 km. alrededor del Sabancaya, existe una población aproximada de 35,000 personas. Riesgos por caídas de piroclásticos, flujos piroclásticos y lahares. El Proyecto Majes puede ser afectado directamente debido a que las obras civiles se encuentran en las cercanías de la influencia del volcán (túneles y canales) y el valle de Majes podría ser afectado (terrenos de cultivo, viviendas, obras de irrigación) por la acción de lahares, así como también el valle del río Sihuas.. Es importante mencionar que emanaciones de lava del volcán Hualca Hualca represaron el río Colca en épocas pasadas.

Es necesario precisar que la actividad volcánica en el presente año de 1998 ha bajado considerablemente, pero aún así reviste riesgo para las comunidades e infraestructura en las cercanías del volcán, entre ellas podemos mencionar las minas de Madrigal que actualmente se encuentra paralizada. En la Fig. Nro 15 se observa el mapa de peligro volcánico del Sabancaya.

### **V.3.6. Campaña Sísmica del Valle del Colca y del Volcán Sabancaya**

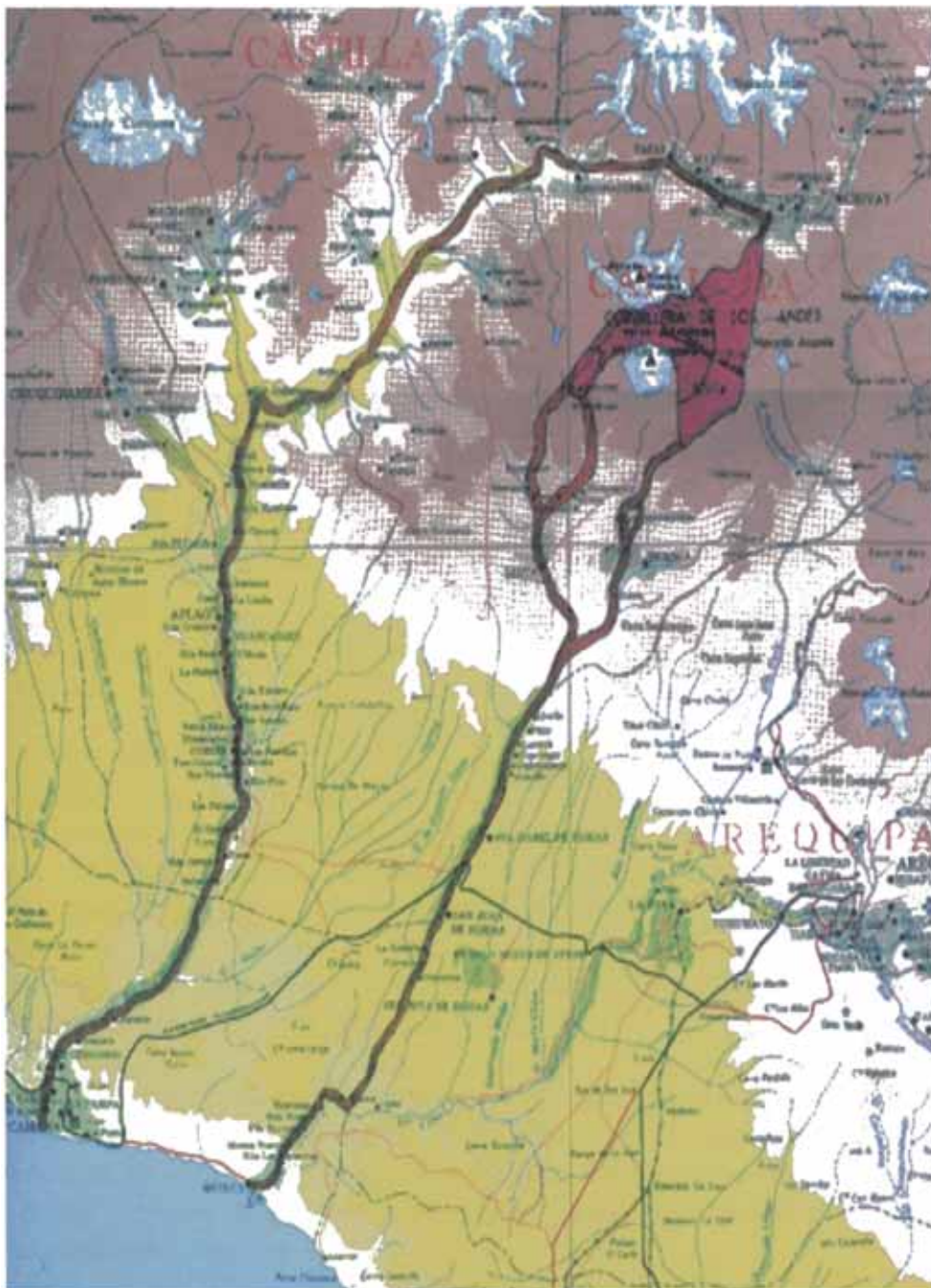
#### **1. Resumen**

El Volcán tuvo sus primeras manifestaciones de reactivación el año 1990, con sismos de regular magnitud que empezaron en el mes de abril del 90, éstos fueron los primeros indicios importantes de la actividad del Volcán, y posteriormente a fines del mes de mayo el Volcán Sabancaya empezó a lanzar emisiones de vapor y cenizas, y actualmente continúa con una actividad intermitente. Los Estudios sísmicos realizados en el 90 y 94, confirman que la fuente principal de la actividad sísmica del Volcán Sabancaya se encuentra en la zona del Volcán Hualcahualca (ubicado a 10 Km. de Cañón del Colca). La profundidad focal de los sismos están en un rango de 3 a 9 Km. con un promedio de 6 Km.

#### **2. Introducción**

En Agosto del 84, se efectuó una 2da Campaña Sísmica en la zona del valle del Colca y el Volcán Sabancaya, ejecutada por el Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, con el propósito de precisar la fuente de la actividad sísmica de la zona de estudio.

En el presente estudio se han utilizado equipos portátiles modernos (adquiridos mediante el proyecto de investigación ONU-UNSA ), que han facilitado el transporte, operación y mantenimiento. Se instalaron una red de 4 sismógrafos, distribuidos geométricamente en torno al área del Volcán



**FIG. N° 15 MAPA DEL PELIGRO VOLCANICO DEL SABANCAYA**

Sabancaya, dependiendo de la accesibilidad y condiciones de operatividad.

Así mismo se efectúa una comparación de los resultados obtenidos en el ascenso efectuado por primera vez al cráter del Volcán Sabancaya, el 17 y 18 de Noviembre de 1993.

### 3. Ubicación

El Volcán Sabancaya esta ubicado en la cadena andina (Plio-Cuaternaria), que forma la Cordillera de los Andes, el cuál abarca desde Venezuela hasta Chile, a una distancia de 85 Km. al Noroeste de la ciudad de Arequipa, y a 18 Km. del Cañón del Colca (Chivay).

### 4. Ubicación de las Estaciones Sísmicas

Para la ejecución de la Campaña 94, se formó 3 equipos, los cuales estaban a cargo de la operación y mantenimiento de cada estación sísmica, y por sus ubicaciones se debió pernoctar en el lugar, esto es, con la finalidad de asignar el máximo de eficiencia en su funcionamiento.

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
SALLALLI	15° 50.52'	71° 46.8'	4425 m.
MACA	15° 38.90'	71° 47.0'	3700 m.
CABANACONDE	15° 38.67'	71° 56.7'	3800 m.

La Estación de Cabanaconde fue ubicada a una distancia de 8 Km. al Sureste del mencionado poblado y a 18 Km. al Noroeste del Volcán Hualcahualca. La Estación de Maca a una distancia de 2 Km. al Suroeste del poblado del mismo nombre. La Estación de Sallalli a una distancia de 10 Km. al Sureste del Volcán Sabancaya, en este lugar se ubicaron 2 sismógrafos, una de componente vertical y la otra horizontal.

En la ubicación de las estaciones se ha tratado de acercarse en lo posible al área del Volcán y guardando una distribución geométrica alrededor del área de estudio, abarcando una extensión geográfica de 600 Km<sup>2</sup> en promedio, para efectos de precisar la fuente sísmica.

### 5. Procesamiento de la Información

La mayoría de los sismos registrados son de alta frecuencia, que corresponde al tipo A en la clasificación de los sismos volcánicos, también se han registrado señales armónicas que de acuerdo a las observaciones son como consecuencia de la emisión de columnas

eruptivas, que produce resonancia al ascender por el conducto del Volcán.

Se ha efectuado el análisis de los sismos (registrados por un período de 7 días), para cada una de las estaciones; obteniéndose la siguiente información.

ESTACION SISMICA	N° DE SISMOS
MACA	44
SALLALLI	35
CABANACONDE	28

En el cuadro se observa que la estación ubicada en el poblado de Maca, ha registrado una mayor cantidad de sismos, además de otros sismos que son muy locales, con una diferencia de (S - P de 0.5 seg.), por su bajo nivel de energía no han sido registrados por otras estaciones, lo que indica la existencia de otra actividad sísmica propia del lugar, de bajo nivel energético, y que sólo es detectado por la estación ubicada en éste lugar, cuya procedencia puede ser como consecuencia de fenómenos geodinámicos, que ocurren en éste lugar, convirtiéndolo en un poblado sumamente vulnerable.

Seguidamente, la estación que ha registrado mayores sismos, es la Estación de Sallalli, también se han registrado sismos muy locales con valores de S-P similares al anterior, y finalmente la estación de Cabanaconde al igual que las anteriores, ha registrado estos sismos, pero en menor proporción la mayoría de estos sismos locales (S - P = 0.5 seg.), son de muy bajo nivel energético, por consiguiente no son registrados por las demás estaciones.

De lo expuesto se deduce la gran inestabilidad tectónica que involucra a una vasta zona. El número de sismos que se han utilizado para el procesamiento de la información son 13, tomándose en consideración que son sismos de regular magnitud y que han sido registrados en 3 estaciones.

## **6. Distribución Epicentral de los Sismos Detectados**

La distribución epicentral de estos sismos están en un radio de acción de 10 Km. donde la mayor concentración esta cerca y al Este del Volcán Hualcahualca, lo cual parece indicar que en toda el área de este Volcán existe actividad sísmica. Esta distribución también se encontró en la anterior campaña sísmica efectuada en el 90 y con los resultados obtenidos en esta campaña se confirma que la mayor actividad sísmica del área de estudio se encuentra en la cercanías del Volcán Hualcahualca.

También se ha ubicado un sismo a 3 Km. al Norte del Volcán Sabancaya y otros mas distantes ubicados al Noreste del Volcán. De acuerdo a los sismogramas de la estación ubicado en este lugar (Sallalli) existen sismos que se están generando en esta zona, pero que son débiles y no pueden ser detectados por las otras estaciones, por lo tanto no se puede determinar su ubicación.

De igual modo se han ubicado 2 sismos que se encuentran entre el poblado de Maca y el Volcán Hualcahualca, estos sismos se encuentran en el área epicentral donde ocurrió el terremoto de Maca (23 de Julio del 91).

Cabe mencionar que la campaña efectuada ha sido realizada en una etapa donde el Volcán Sabancaya y el área de Maca no tenía mayor actividad, pero sin embargo si se ha logrado obtener información muy importante lo cual además confirma que el área de estudio esta en constante actividad sísmica y volcánica y que en determinados períodos esta actividad se incrementa, representando un peligro permanente para los poblados cercanos a este lugar.

### **7. Actividad en el Area del Volcán Hualca-Hualca**

De los resultados obtenidos se muestra que la mayor actividad sísmica se encuentra en la zona del Volcán Hualca-Hualca.

Otros fenómenos que han ocurrido en este lugar y que pueden estar relacionados con la actividad sismo-volcánica del Hualca-Hualca es el flujo de lodo que se originó en la cima del Hualca-Hualca y que se desplazo ladera abajo, por los cauces de la quebrada Huayuray cerca al poblado de Pinchollo. Este fenómeno fue confirmado también por la expedición de ingenieros del Instituto Geofísico de la UNSA que se desplazaron hasta la cercanías de la cima del Hualca-Hualca (1991)

este flujo de lodo se presentó hasta en dos oportunidades ( 1991-1993) poniendo en riesgo la infraestructura del Proyecto de Irrigación Majes, así mismo la destrucción de la toma y canales de regadío del poblado de Pinchollo. Otra manifestación que se ha presentado en esta zona ha sido el incremento de la actividad geotermal, configurándose geysers de extraordinaria belleza.

### **8. Profundidad de los Sismos Registrados**

La profundidad de los sismos detectados fluctúan en un rango de 3 a 9 Km. esta profundidad es determinada en relación al datum de las estaciones ubicadas en el área de estudio, así el sismo ubicado a la profundidad de 3 Km. tendría una profundidad de 5 Km., medido en forma vertical desde la cima volcánica. La mayoría de

los sismos están ubicados bajo el Hualcahualca y con una tendencia hacia el Sabancaya con profundidades que no sobrepasan los 9 Km. que definen en profundidad la probable cámara magmática de este grupo volcánico.

Cabe mencionar que existe la presunción de que el proceso que dio inicio a la reactivación volcánica fue como consecuencia de una actividad sísmica superficial de gran extensión que abarcó parte de la zona de estudio, pero de acuerdo a las campañas efectuadas en el 90 y el 94 la actividad sísmica detectada es del área volcánica. La actividad sísmica detectada puede ser como consecuencia de varios factores tales como procesos de desgasificación, desestabilización tectónica, fallas, intrusión magmática, etc., procesos que pueden estar ocasionando esfuerzos, y la liberación de estos en sismos.

### **9. Interpretación de la Actividad Volcánica**

De acuerdo a estudios realizados en volcanes que se producen en zonas de subducción, el tipo de vulcanismo es andesítico que es intermedio entre el basáltico y el granítico, sus propiedades también son intermedias y sus flujos menos extensos que aquellos producidos por magma basáltico, sin embargo un alto porcentaje de magma andesítico es arrojado como material piroclástico, y por su composición rico en sílice comúnmente produce flujos de ceniza, estrato volcanes y colapso de calderas.

Recordemos que un factor importante que afecta al punto de fusión es el contenido de agua, mientras más agua exista bajara el punto de fusión y esto a su vez es magnificada por el incremento de presión, por tanto una roca mojada bajo presión tiene una temperatura de fusión mucho mas baja que una roca seca de la misma composición.

### **10. Ascenso al Cráter del Volcán Sabancaya**

El 17 y 18 del mes de Noviembre de 1993, una expedición de ingenieros del Instituto Geofísico de la UNSA ascendieron al cráter del Volcán Sabancaya, como parte del programa de monitoreo y para verificar in situ el desarrollo de la actividad volcánica.

Durante el trayecto a la cumbre del Volcán se ha encontrado enormes masas de hielo cubiertos por cenizas (flanco este, este sureste), asimismo, se encontró una gran cantidad de fragmentos de rocas, que han sido arrancadas del conducto del Volcán y de diferentes tamaños, y a una distancia de 800 m del borde del cráter.



En la cima del Volcán se observó dos cráteres juntos, un cráter antiguo que está taponeado con un domo, y junto a este el cráter nuevo o activo en forma de elipsoide (orientación este-oeste) con una longitud en su eje mayor de 600 m y de 300m en su eje menor. Dentro de este cráter se encuentra a su vez 2 conductos principales y otros menores de los cuales el de mayor dimensión tiene un diámetro aproximado de 30 m, ubicado al extremo Oeste del cráter, por el cual emerge la mayor cantidad de material volcánico y por el segundo conducto emerge vapor y gases azulinos con fuerte olor a azufre.

Del resultado de este ascenso se pudo descartar las especulaciones en torno a la formación de un domo en el cráter del volcán, no existía taponamiento de ningún conducto, ni presencia de material incandescente. Se visualizó enormes bloques (bombas) fuera del conducto de emisión, de igual modo se pudo precisar que la actividad fumarólica se mantenía continua con ligeros altibajos..

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

1.- La distribución epicentral de estos sismos están en un radio de acción de 10 Km. donde la mayor concentración de sismos están cerca y al Este del Volcán Hualcahualca con un sismo ubicado al Noroeste, lo cual parece indicar que en toda el área del Volcán Hualcahualca se concentra la mayor actividad sísmica volcánica.

2.- Tanto en la distribución epicentral del 90 y 94 se han detectados sismos a una distancia de 3 Km. al Norte del Volcán Sabancaya.

3.- De acuerdo a los sismogramas de la estación ubicada en Sallalli existen sismos que están generando en esta zona, pero que son débiles y no pueden ser detectados en las otras estaciones y por lo tanto no se puede determinar su ubicación.

4.- Otra área de fuente sísmica es la que se encuentra en el poblado de Maca y el Volcán Hualcahualca, estos sismos se encuentran en el área epicentral donde ocurrió el terremoto de Maca (23 de Julio de 1991).

5.- El período de observación Campaña 94, ha sido realizada en una etapa donde el Volcán Sabancaya y el área de Maca no tenían mayor actividad, pero sin embargo se ha logrado obtener información muy importante lo cual además confirma que el área de estudio está en constante actividad sísmica - volcánica y que en determinados periodos esta actividad se incrementa representando un peligro permanente para los poblados cercanos a este lugar.

6.- De la comparación efectuada de las Campañas 90 y 94 se puede observar que la actividad sísmica continua y permanece en la misma área con algunas variaciones ya que la actividad sísmica del 90 se ubicaba al Norte y al Noreste del Hualcahualca y la actividad detectada en el 94 registra una ligera tendencia hacia el Sabancaya.

7.- La profundidad de los sismos detectados fluctúan en un rango de 3 a 9 Km. y la mayoría de estos están ubicados en el Hualcahualca con profundidades que no sobrepasan los 9 Km. que definen en profundidad la probable cámara magmática de este grupo volcánico. Si se hubiera prolongado el tiempo de operación de las estaciones sísmicas la distribución epicentral como hipocentral sería mas densa definiendo con mayor claridad la fuente de la actividad sísmica del área de estudio .

8.- La actividad sísmica detectada puede ser como consecuencia de varios factores, tales como proceso de desgasificación, desestabilización tectónica, fallas en los conductos del magma, intrusión magmática, etc., que están ocasionando esfuerzos.

9.- La actividad volcánica continua aun en un proceso hidromagmático que esta ocasionando las continuas columnas eruptivas de vapor y cenizas finas del conducto volcánico, aunque en la actualidad ha bajado considerablemente su actividad.

10.- Es necesario seguir controlando al Volcán Sabancaya así como también el control de la actividad sísmica en las cercanías del Volcán Hualcahualca.

11.- Una erupción mayor en el futuro podría traer consecuencias graves en las comunidades, infraestructuras del Valle del Colca y en algunos asientos mineros como Madrigal (se encuentra paralizada).

## **V.4. EL VOLCAN UBINAS**

### **V.4.1. Ubicación**

El volcán Ubinas se encuentra ubicado a 68 km. al Este de Arequipa, en la provincia de Sánchez Cerro del departamento de Moquegua, su cumbre tiene como coordenadas 16° 21' 18" Sur y 70° 54' 11" Oeste y de altitud 5,672 m.s.n.m.

### **V.4.2. Estructura**

Categoría fumarólico. Estravolcán pleistocénico, con evidencias de varios eventos de colapso (depósitos de avalanchas de escombros). Su amplio y casi simétrico cono truncado de 1,300 metros de altura es escarpado hacia la cima con inclinaciones de 45° cerca de

la cima. La cumbre del Ubinas es una caldera, el borde exterior es de forma aproximadamente elíptica orientada Norte-Sur, con un diámetro mayor de 1200 m. y de 100 a 150 m. de profundidad. Las paredes del borde exterior son casi verticales, muy empinadas. El cráter interior se abre dentro de un cono de cenizas de 500 m. de diámetro y tiene 250 m. de profundidad con un piso de 100 m de diámetro, está desplazado hacia el Norte de la caldera. Las paredes del cráter son prácticamente verticales.

El tapón o piso del cráter se encuentra cubierto por bloques angulares, ceniza, pómez y una delgada capa de azufre de color amarillo, esta formado por coladas de lava andesítica augítica, materiales piroclásticos como ceniza, pómez, bombas y azufre depositado en el piso del cráter.

### **V.4.3. Evolución**

Diversos flujos juveniles de lava están presentes en el flanco Oeste cubriendo morrenas terminales de aprox. 10,000 años de antigüedad (última deglaciación). Erupciones mayores del Ubinas (erupciones de cenizas y lapilli), son reportadas desde 1552, 1677, 1784 y algunas en 1800, con mayor crisis en 1956.

Actualmente hay un incremento de la actividad fumarólica desde diciembre 1995 hasta el presente; pequeñas fumarolas de vapor y gases acompañadas de un intenso ruido constante, salen con fuerza a través de ocho puntos en forma permanente, 3 principales y 5 menores, han sido identificados a lo largo de la falla N 40° O, pasando por piso y paredes del cráter. La presión interior obliga a estas emisiones a salir en forma de cañonazos al exterior, extendiéndose en forma de mantos de nubes de vapor de agua fuertemente cargados de compuestos de azufre y gases azulinos, que hacia lagrimear la vista, en el interior de la caldera era casi insoportable permanecer sin máscara. Se observó esta situación durante los ascensos efectuados en diciembre 1995, mayo 1996 y setiembre 1997 por personal del Instituto Geofísico de la UNSA. La temperatura no es muy elevada en el tapón, piso ó domo, la desgasificación produce gases azulinos y se elevaba aproximadamente a 400 metros. sobre el borde del cráter exterior en dirección Sureste, la mayoría de veces el vapor se disipa dentro del cráter interior. Monitoreo sísmico durante mayo 96 registro 15 eventos durante una semana, indicando ruido sísmico de bajo nivel de energía.

Esta emisión gaseosa se explica que es por filtración de agua que ingresa a través de grietas y fisuras del cráter y debido al calor propio del hogar magmático se evapora el agua y sale a través de conductos fisurales y durante este proceso arrastra compuestos de

azufre y otros elementos que se depositan en el contorno de la fisuras y grietas.

#### **V.4.4. Erupciones**

Después del Sabancaya y Huaynaputina, el Ubinas representa uno de los volcanes de actividad eruptiva más importante en el Sur del Perú. La actividad histórica de este volcán está caracterizada por emisiones gaseosas y actividad eruptiva intermitente, históricamente desde 1550, 1600, 1662, 1677, 1784, 1826, 1830, 1862, 1865, 1867, 1869, 1906, 1907, 1937, 1951, 1956, 1969, 1995, 1996 y 1997; la última corresponde a Mayo de 1956 que ocasiono daños en la agricultura y ganadería del pueblo de Ubinas

#### **V.4.5. RIESGO VOLCANICO**

Peligro por caídas de piroclásticos, avalanchas de escombros, flujos piroclásticos y lahares, capa de nieve en el flanco Sur de la cumbre.

Hacia el Sureste del volcán se observa el mayor recorrido de algunos flujos piroclásticos y avalanchas de escombros, aquí se localiza a lo largo de la quebrada del río Volcamayo algunos pueblos como el Ubinas; esta quebrada se une al río Para y luego al río Tambo, hasta el Océano Pacífico. El distrito de Ubinas alberga 6,000 habitantes

La evaluación confiable de un volcán requiere de estudios geológicos, geoquímicos, sísmicos, medidas de deformación superficial y otros, que hasta la fecha sólo han sido hecho en forma preliminar e intermitente.

Por su ubicación geográfica el volcán puede ocasionar daños en los valles aledaños y comunidades , asimismo a algunos proyectos de extracción de minerales no metálicos y metálicos.

**CUADRO N° 32**  
**VOLCANES ACTIVOS - POSIBLES DAÑOS**

VOLCAN	POBLACION (aprox.)	VIVIENDAS (aprox.)	OBRAS DE INGENIERIA
SABANCAYA	48,500	14,000	Proyecto Especial Majes: Obras de conducción: túneles, canales. Central Hidroeléctrica de Lluta. Sistema de irrigación en los valles de Sihuas y Majes. Sistema vial: Chivay- Cabanaconde-Huambo, Arequipa-Chivay-Cusco, Arequipa-Caylloma- Orcopampa-Arcata, en el valle de Majes y Sihuas, carreteras vecinales.
MISTI	575,000	91,000	Central hidroeléctricas: Charcani I,II,II,IV,V,VI,VII. Centrales Térmicas: Arequipa, La Chilina Represa Aguada Blanca Vías de Comunicación Proyecto Especial Majes: terrenos de cultivo. Vías de Comunicación: Ferrocarril Arequipa-Cusco, Carretera Arequipa-Cusco, Arequipa-Puno, Arequipa- Valle de Colca, Arequipa- Yura-Huanca, Carretera Panamericana Sur, carreteras vecinales.
UBINAS	4,300	2,600	Vías de Comunicación: carretera Arequipa-Ubinas, carreteras vecinales.

## **CAPITULO VI**

### **ASPECTOS AMBIENTALES DE LAS PRINCIPALES MINAS DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

#### **VI.1. EMPRESAS DEDICADAS A LA EXPLOTACION DEL ORO (Ocoña, Caravelí, Chala, Cotahuasi y Jaquí)**

En este sector se ha constatado que existe una actividad extractiva moderada debido por una parte al limitado conocimiento geo-económico, a la precariedad de las vías de acceso y especialmente a la falta de incentivo para el desarrollo de estas regiones. En el área de Caravelí la actividad minera se circscribe a algunos yacimientos de mayor valor comercial y de fácil acceso, como es el caso de la explotación del oro en áreas que se encuentran en las cercanías de los ríos Ocoña, Caravelí y algunos otros afluentes de los mismos, mientras que en otras localidades, aún cuando existen zonas con buenas características geológico mineras esta actividad es casi nula.

Las áreas económicamente favorables se encuentran localizadas en dos áreas, con características propias, la primera está asociada a las rocas intrusivas del Batolito Costanero y constituye parte del distrito aurífero de la región costera del departamento de Arequipa donde se explota la asociación cuarzo-pirita-oro. El segundo distrito está relacionado genéticamente al magmatismo andino, donde se presenta los minerales de cobre, zinc, plomo y como subproducto el oro.

Los principales yacimientos de oro se ubican en el flanco occidental del batolito costanero y en alturas comprendidas entre los 800 y los 1500 m.s.n.m. Los yacimientos como las de minas Posco, mina Inshuinca o Suñuhuilca, minas Clavelinas, minas San Juan y Ocoña y otros yacimientos abandonados como mina Eugenia, El sauce, Huiscore, Chuñuño, minas de León, etc. son yacimientos del tipo relleno de fracturas de color blanco a gris rojizo.

Tratándose de un mineral de un alto valor comercial, es necesario profundizar los estudios geológicos de las diferentes labores que se han trabajado en el pasado como es el caso de las márgenes de los ríos Ocoña especialmente en zonas con fuerte fracturamiento y áreas que se encuentran cortadas por diques. Zonas con éstas características también se observan en el río Cotahuasi que en la actualidad, casi la totalidad de éstos depósitos están en una situación de abandono.

En éstos distritos mineros también existen abundantes yacimientos no metálicos como el yeso, anhidrita, arcillas, diatomitas, calizas, rocas intrusivas y otros materiales de construcción, que a la fecha no son explotados adecuadamente.

Las principales empresas productivas de oro en el departamento de Arequipa en la actualidad son las minas Arirahua S. A., Inversiones Mras. Del Sur S.A., Minas Ocoña S.A, por la ubicación de éstos yacimientos. mantienen un riesgo latente por los constantes movimientos sísmicos de diferentes magnitudes, así como a las intensas precipitaciones que se producen en ciertas ocasiones, tal como lo ocurrido en los meses del verano del presente año en la localidad de San Juan de Churunga y cuyos efectos fueron devastadores en el Valle en que se ubica la citada mina. Debido al fenómeno El Niño se registro una precipitación pluvial inusual en dicha localidad que arrasó por completo los sembríos y los sistemas de regadío además debido a la generación de un huayco moderado se registraron pérdidas humanas y materiales.

Este es un ejemplo que debe tomarse en consideración no solamente a los asientos mineros de las localidades de Ocoña, Caravelí, Atico, Chala, Cotahuasi, etc. sino de todos los lugares donde son susceptibles a deslizamientos e inundaciones por lo que, deben tomarse las medidas pertinentes tanto para los futuros prospectos como a las ya existentes en lo que se refiere a la seguridad de la infraestructura minera así como del personal que labora en ella. Las localidades que han sido afectadas en el presente verano por el fenómeno El Niño son Ocoña, Majes y algunos sectores de la provincia de Condesuyos.

En la fotografía Nro 5 se observa el aluvión que se precipitó por una de las quebradas mayores ocasionando grandes pérdidas de terrenos agrícolas, infraestructuras vial, casas, etc.

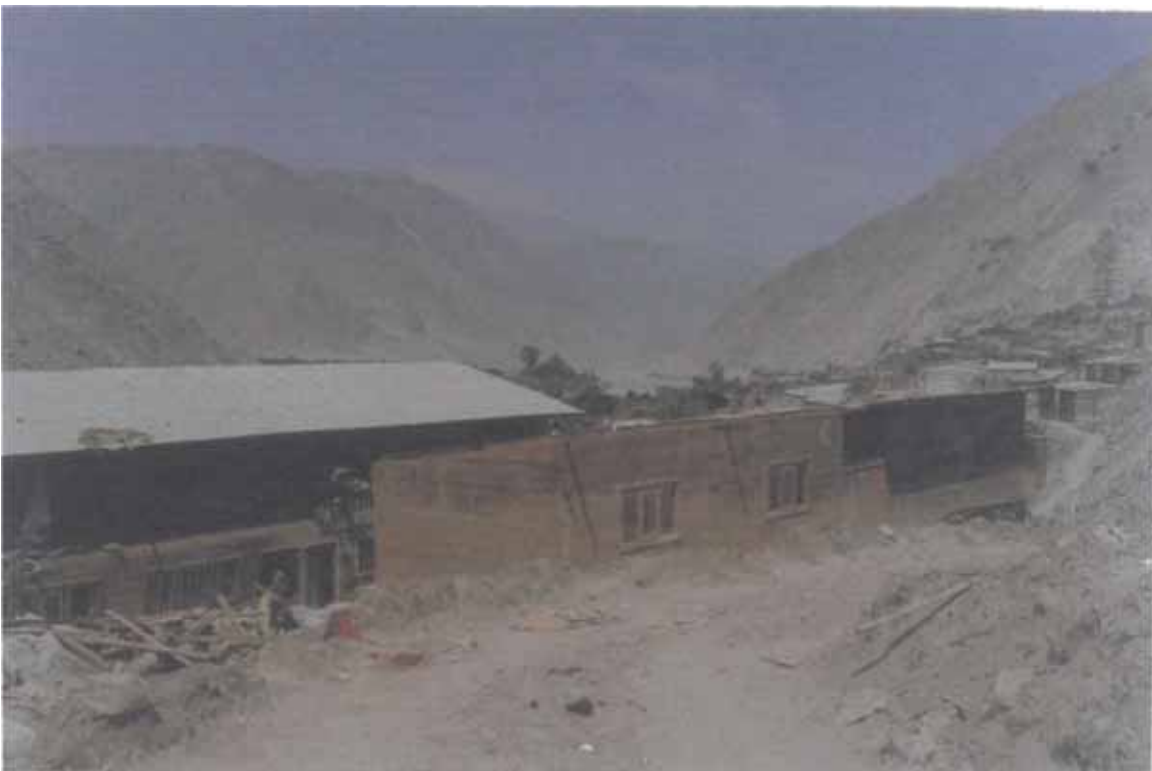
En la fotografía Nro 6 se aprecia la dirección del huayco que sepultó viviendas con el saldo trágico de personas fallecidas, en la fotografía Nro 7 se observa los daños en algunos departamentos ocupados por personal obrero. Otro aspecto importante que tiene que ver con el procesamiento de oro fotografía Nros 8 y 9 es la falta de cuidado en el manejo de la misma para la conservación ambiental.

Considerando que es una mina relativamente antigua también se ha constatado la presencia de mercurio en las canchas de relaves y desmontes ubicado en el mismo pueblo, este es un aspecto digno de considerarse para preservar la salud de sus moradores

## **MINAS OCOÑA**



**FOTO N° 05 : Vista panorámica del pueblo de San Juan de Churunga, poza de relave de la planta de cianuración y evidencias de la magnitud del ingreso de la quebrada por las altas precipitaciones ocurridas en presente verano, 1998.**



**FOTO N° 06 : Daños en el campamento de las Minas Ocoña por avalancha de lodo y piedra.**



## **MINAS OCOÑA**



**FOTO N° 07 : Vista de la magnitud de la avalancha en el poblado de San Juan de Churunga.**



**FOTO N° 08 : Planta de cianuración de las Minas de Ocoña.**

**MINAS OCOÑA**



**FOTO N° 09: Imagen de la planta de cianuración y poza de efluentes.**

Las plantas de beneficio por oro que están en operación en la actualidad en las localidades antes mencionadas corresponden a las Empresas Mineras Mra Laytaruma S.A. en Jaqui, Cía. Mra. Caravelí S.A., en Huanuhuanu, Alvarez Sanéz, Claudio, en Huanuhuanu, Cía. Mra. Santa Kame S.A. en Atiquipa, Mra Belén S. A. en Chala, Inversiones Mras, del Sur S.A., en Caravelí, Aurif., Chala S.A., en Caravelí, Cía Mra. Aurif, Bonanza S.A., en Caravelí.

Estas plantas de tratamiento combinan el proceso inicial mediante la amalgamación, que consiste en poner en contacto el metal con el mercurio para formar una amalgama, es decir una aleación de mercurio y oro, dando lugar a una partícula revestida de mercurio. Estas partículas amalgamadas se adhieren unas a otras, de modo similar al de las gotas de mercurio puro.

En las localidades como Nazca, Chala, Caravelí, Jaquí, Ocoña, etc., existe un gran número de minas y plantas de beneficio del tipo artesanal, los relaves provenientes de estas plantas luego son aprovechados por las de cianuración. Las siguientes fotografías se exponen las modalidades tan antiguas que aún hoy siguen vigentes, pero que les permite a los mineros informales su subsistencia, como es de suponer por el tipo de tratamiento están expuestos a la influencia nociva del mercurio (fotografías Nros 10 y 11). En la fotografía Nro 12 se observa un planta situada en la localidad de Jaquí, Yauca en la que utilizan pequeñas maquinarias que facilitan la recuperación del oro con menor exposición del personal al mercurio. Sin embargo, existen un uso generalizado de dispositivos artesanales para la recuperación del oro a partir de la amalgama, tal como se puede constatar en la fotografía Nro 13. Los relaves de este proceso preliminar por su contenido de oro es recuperado mediante el método de cianuración, particularmente deben adoptarse algunas medidas por lo que, en la amalgamación es recomendable utilizar equipos tales como el tambor de amalgamación y para la separación del mercurio el uso obligado de la retorta que, por las evaluaciones realizadas en este sector no se están utilizando este dispositivo sino mas bien quemadores artesanales con el consiguiente riesgo de la salud de los operadores, la contaminación del ambiente y mayor gasto en mercurio.

El método de cianuración se está utilizando prácticamente en la totalidad de las plantas existentes entre otras fuentes a partir de los relaves, y que luego de su procesamiento son depositados en las áreas adyacentes, la depositación final de los relaves de las plantas de cianuración, se realizan por lo general sin tener en cuenta normas de seguridad que permitan garantizar la estabilidad de dichos depósitos. Se ha constatado que a raíz del último evento

**PLANTA ARTESANAL EN CHALA**



**FOTO N° 10 : Imagen de una planta artesanal para la recuperación de oro, Chala.**



**FOTO N° 11 : Imagen de recuperación artesanal de oro, Chala.**

## PLANTA ARTESANAL EN YAUCA



**FOTO N° 12 : Vista de la planta de tratamiento de oro en el distrito de Jaqui.**



**FOTO N° 13 : Dispositivo artesanal para la recuperación de oro**

sísmico cuyo epicentro fue en las cercanías de la localidad de Nazca ocasionó fallas en los taludes de los depósitos de relaves de algunas empresas mineras de la región y en este caso particular de la Compañía Minera Belén S.A. (Chala), cuyo efecto sísmico produjo un deslizamiento y colapso de los frentes del depósito ocasionando daños en la plantación de olivos, que se encuentra en la parte baja del depósito.

Un aspecto importante de resaltar es que del análisis efectuado en el reservorio de agua potable del poblado de Chala se ha encontrado un contenido de 0.08 mg/l de  $CN^-$ , mientras que el análisis de las aguas del pozo antiguo de bombeo no se han encontrado trazas de  $CN^-$ , sin embargo es importante profundizar este estudio del agua potable de Chala para descartar posible contaminación a partir de la planta de cianuración ubicado cercanamente al pozo y al reservorio.

Del análisis climatológico se deduce que en este sector por su baja precipitación anual entre 100 a 550 mm no ofrece un riesgo obtensible a deslizamientos y avalanchas, por otro lado el aspecto sísmico si debe tenerse muy en cuenta debido a los parámetros históricos, a los cálculos estadísticos de probabilidad de ocurrencia, a la experiencia de diferentes eventos sísmicos recientes y que las intensidades de sismos relativamente recientes oscilan entre VI y VII en la Escala Modificada de Mercalli. Particularmente en lo que se refiere a la estabilidad de presas de relaves, deben tomarse las medidas necesarias para evitar los riesgos ambientales.

Las siguientes fotografías corresponden a la planta de tratamiento Belén, ubicada en la localidad de Chala que tiene una capacidad de procesamiento entre 500 a 750 ton/d, esta planta de beneficio se alimenta de los relaves de la minería artesanal y mineral proveniente de las minas cercanas al lugar (fotografía N°14). En la fotografía Nros.15 y 16 se observa la forma como se depositaba el relave con una severa falta de técnica, tal como se ha expuesto anteriormente con el sismo de noviembre de 1996 estos depósitos se deslizaron hacia la quebrada con el consiguiente daño de una pequeña plantación de olivos, tal como se expone en la fotografía N° 17.

En este caso es necesario que se adopten algunas medidas tendientes a mejorar la estabilidad de la relavera, mediante la

**PLANTA DE BENEFICIO BELEN-CHALA**



**FOTO N° 14 : Planta de tratamiento Belen, mediante el método de cianuración, Chala.**



**FOTO N°15 : Imagen de disposición de relave de la planta de beneficio, Belen-Chala**

**PLANTA DE BENEFICIO BELEN-CHALA**



**FOTO N° 16 : Vista de los depósitos de relave de la Planta de Beneficio, Belen-Chala**



**FOTO N° 17 : Imagen de daños en plantaciones de olivos, causado por el derrumbe de la relavera de la planta Belen-Chala (sismo 1996).**



depositación controlada del material y evitar hacerlo en las zonas cuya topografía no favorece para tal fin.

## **VI.2. Provincia Metalogénica del Sector de Caylloma, Condesuyos y Castilla Alta**

### **VI.2.1. Minas Arcata**

La unidad Mina Arcata se encuentra ubicada en el paraje Arcata, Distrito de Cayarani, Provincia de Condesuyos, a una altitud entre 4,300 a 5,300 m.s.n.m.. La extensión de la concesión es de 61,897 Has. y El volumen de tratamiento de mineral alcanza más de 1000 TMD. La Empresa Minera consciente de su rol y responsabilidad y en cumplimiento a las normas legales ha establecido acciones tendientes a evitar o minimizar las emisiones, vertimientos y disposición de desechos al ambiente como resultado de las operaciones o procesos que se efectúan en sus instalaciones.

Desde el punto de vista geomorfológico este asiento minero se encuentra emplazada en un valle de origen glacial, con una topografía accidentada y de grandes desniveles. En el área afloran lavas y aglomerados de composición andesítica, aglomerados lávicos y tufos del grupo Tacaza.

Los recursos hídricos del distrito esta circunscrito a una serie de lagunas de origen glacial, escalonados por efecto del represamiento de los frentes morrenicos. La mas importante es la laguna Chumille que forma parte del sistema hídrico de la cuenca donde está ubicada la Unidad Minera. Estas aguas llegan a la quebrada de Arocpampa y dan origen al río Arcopampa, estas aguas son almacenadas inicialmente en la represa el Salto, luego llegan a la laguna Huisca-Huisca y finalmente discurren a la laguna Arcata.

Las aguas proveniente de la laguna Chumille se almacenan en una tanque para ser utilizado para consumo humano, mientras que las aguas de la represa El Salto se utilizan para las operaciones de mina y planta concentradora. Las aguas que discurren por la laguna Arcata se utilizan para la generación de energía eléctrica. Todos los efluentes que se originan durante la actividad minera son vertidos al río Arocpampa, posteriormente son descargados a las lagunas Huisca-Huisca y Arcata.

Arcata es un yacimiento de metales preciosos, especialmente argéntifero de tipo epitermal-filoniano. La mineralización esta relacionado a cuerpos intrusivos subvolcánicos a tufos piroclásticos y en parte de coladas.

De acuerdo a la secuencia paragenética se presentan los siguientes minerales:

**Sulfosales:**

Tetrahedrita  
Pirargirita  
Polibasita  
Miargirita  
Proustita

**Sulfuros:**

Esfalerita  
Galena  
Chalcopyrita  
Estibina  
Pirita  
Marcasita  
Arsenopirita  
Tannantita (Cobres grises)

**Oxidos:**

Limonita  
Pirolusita  
Psilomelano  
Rodonita  
Cuarzo

**Carbanotos y Sulfatos:**

Calcita  
Rodocrocita  
Baritina

**Otros:**

Plata nativa  
Oro nativo  
Electrum

El área corresponde según a las condiciones reinantes a una Formación Ecológica Páramo Húmedo Sub-Andino y presenta un clima muy frígido , con precipitaciones cuyo promedio anual llega a 800 mm. De esta manera se deduce que el régimen de lluvias en esta zona es sumamente alta en los meses de verano, y notorio estiaje de mayo a agosto.

El río Arcopampa ha estado siendo contaminado desde sus inicios con los desagües domésticos y con los efluentes provenientes de las cochas de la planta concentradora, el drenaje de aguas de

minas y el drenaje de la cancha de relaves. La muestra tomada de las aguas en la localidad de Orcopampa que discurren desde Arcata se han obtenido valores que se encuentran dentro de los límites permisibles.

**CUADRO N° 32**  
**RESULTADO DE LABORATORIO**

Laboratorio:	Investigación y Servicios N: 300
Dirigido a:	Sr. Roberto Kosaka Masuno

Expresado en:	Ph	Cobre mg/L	Hierro mg/L	Plomo mg/L	Cinc mg/L	Cloruros mg/L	Sulfatos mg/L	Alcalinidad mg/L CO <sub>3</sub> Ca	C.N. mg/L
	7.2	0.04	0.75	0.00	0.21	2.02	8.10	24.86	0.03

**Medidas de Mitigación Adoptadas en el Area Minero-Metalurgica.-** Cualquier contingencia en la planta concentradora, relacionado con derrames se controla mediante bombas que recircula al circuito de molienda. En la sección de flotación se cuenta con una cocha de recuperación de derrames, en el caso de fallas en el sistema eléctrico se cuenta adicionalmente con una cocha auxiliar.

Durante la visita realizada en el mes de mayo del presente año se ha logrado observar acciones importantes tendientes a mitigar la contaminación ambiental a través de la construcción de muros en las riberas del río Arcopampa, para evitar el desplazamiento de los relaves de las antiguas canchas en la temporada de lluvias. Asimismo, para dar mayor estabilidad a estas canchas de relaves se está procediendo a la revegetación con plantas del lugar como pastos, ichu, queñua, etc., creemos que con resultados óptimos.

Las canchas N 5 y N 6 que actualmente se encuentra en operación tienen a nuestro criterio toda la seguridad del caso con la tecnología adecuada para proteger el ecosistema reinante en la zona.

Un aspecto donde debe incidirse es en el control de los sólidos suspendidos y el efluente proveniente de las minas como de las canchas de relaves N 5 y N 6, aunque en la actualidad antes de ser vertidos al río Arcopampa estas aguas están siendo debidamente procesados.

Finalmente sustentamos que los riesgos de inundación en el área esta siempre latente por el nivel de precipitación sin embargo, el grado de vulnerabilidad de las infraestructuras existentes no presentarían alta peligrosidad. Nuestra apreciación en relación al problema sismo-tectónico del área donde se desarrolla la actividad minera no presentaría un gran riesgo, porque en primer lugar a

través de la historia sísmica de la región no se tiene registrado terremotos de gran nivel, ni efectos importantes aunque esto podría corresponder debido a las escasa población del lugar. Mediante la Red Mundial de Estaciones Sismográficas y la Red Regional se ha logrado precisar que el mayor nivel de actividad se encuentra circunscrita en otras zonas de la región.

A través de información reciente (abril 1998) proporcionada por la Empresa, la producción se consigna en el siguiente cuadro.

Por las condiciones meteorológicas de alta precipitación en el asiento minero de Arcata, y estando ubicado en una gran cuenca receptora, por las operaciones que se desarrollan es susceptible la contaminación ambiental de no tomarse las medidas adecuadas. Sin embargo, de la evaluación realizada estamos en la condición de afirmar que se están tomando las previsiones del caso en todas las

**CUADRO N° 33**

DESCRIPCION	1era. G.	2da. G.	TOTAL DIA	ACUM MES
<b>TONELAJES (TMS)</b>				
Cabeza	537.000	541.000	1078.000	29758.000
Concentrado Metalúrgico	20.262	23.932	44.194	1181.647
Relave	516.738	517.068	1033.806	28576.353
Concentrado Efectivo	20.874	23.281	44.155	1173.795
Nro. de sacos CCE.	475	535	1010	26900
% de Humedad Conc. Efectivo	12.11	12.97	12.56	12.73
<b>LEYES (OZ Ag/TMS)</b>				
Cabeza	18.57	20.53	19.55	19.18
Concentrado Metalúrgico	424.57	399.92	411.23	416.10
Relave	2.65	2.97	2.81	2.76
Concentrado Efectivo	424.59	406.26	414.92	419.44
<b>LEYES (g. Au/TMS)</b>				
Cabeza			2.35	2.34
Concentrado Metalúrgico			43.82	50.14
Concentrado Efectivo			44.44	50.63
<b>FINOS (Onzas Ag)</b>				
Cabeza	9972	11107	21079	570685
Concentrado Metalúrgico	8603	9571	18174	491681
Relave	1369	1536	2905	79004
Concentrado Efectivo	8863	9458	18321	492338
Ganancias y Pérdidas	260	.113	147	657
% de Recuperación en Ag.	86.27%	86.17%	86.22%	86.16%

Ratio de Concentración		26.503	22.605	24.392	25.183
% de Recuperac. Efectiva		88.88%	65.15%	86.92%	86.27%
<b>LEYES (Pb, Zn)</b>					
Cabeza	% Pb	0.29	0.27	0.28	0.20
Conc. Metalúrgico	% Pb	5.82	4.89	5.32	4.01
Conc. Efectivo	% Pb	5.77	5.11	5.42	4.02
Cabeza	% Zn	0.52	0.52	0.52	0.40
Conc. Metalúrgico	% Zn	8.81	7.94	8.34	7.48
Conc. Efectivo	% Zn	0.02	8.28	8.63	7.50
<b>MOLIENDA Cabeza</b>					
	% +m 100	16.24	15.48	15.86	16.70
	% -m 200	60.52	60.28	60.40	59.45

operaciones, el análisis efectuado en la parte baja de la cuenca tenemos resultados satisfactorios, pero aún es necesario algunos ajustes para completar los niveles deseables.

En las siguientes fotografías se observa algunas de las acciones impuestas que se vienen desarrollando para el cumplimiento estricto de las regulaciones. En la fotografía Nro 18 se observa la parte final del asiento minero de las Minas de Arcata, área que por las condiciones expuestas anteriormente y por la topografía requiere de un manejo especial para evitar la contaminación sobre todo en las aguas superficiales y subsuperficiales. En la fotografía Nro 19 puede observarse una de las lagunas que se encuentran cerca del asiento minero y que actualmente esta en un proceso de recuperación.

Dentro de las acciones que se vienen desarrollando tenemos el control de los depósitos de relaves, en la fotografía Nro 20 tenemos la vista del depósito de relave N° 5 que se encuentra ubicado en una zona de rocas competentes e impermeabilizado adecuadamente. Asimismo, en la foto N° 21 se expone el sistema de decantación del efluente proveniente de las minas, para la eliminación de elementos nocivos para su posterior descarga a la cuenca. En las fotografías Nros.22 y 23 se expone la forma como se viene trabajando en las canchas de relaves antiguas con el propósito de conseguir la estabilidad del talud la captación del drenaje ácido y la revegetación.

### **VI.2.2. Minas Orcopampa**

En la actualidad el area de Caylloma y Castilla Alta tiene condiciones geológicas atractivas para seguir desarrollando con

## **MINAS ARCATA**



**FOTO N° 18 : Vista panorámica de la parte final del Asiento Minero de Arcata**



**FOTO N° 19 : Laguna ubicada en las cercanías de las Minas Arcata donde se observa una importante recuperación del Ecosistema.**

## **MINAS ARCATA**



**FOTO N° 20: Vista de la Presa de relave N° 5 de las Minas Arcata**



**FOTO N° 21 : Vista del Sistema Decantación del agua de mina.**

## **MINAS ARCATA**



**FOTO N° 22 : Muro de contención en la cancha de relave de las Minas Arcata**



**FOTO N° 23 : Proceso de revegetación en la cancha de relave de las Minas Arcata**



mayor intensidad la actividad minera. El yacimiento mineral de Orcopampa esta a cargo de la Cia. de Minas de Buenaventura S.A., explota minerales de plata y oro a un ritmo de producción de 21000 toneladas cortas secas al mes, aunque en estos momentos la producción se ha reducido por la falta de reservas.

Este tipo de mineralización hace que el yacimiento Orcopampa se considere relacionado genéticamente a los de Minas Arcata, Caylloma, Sucuitambo y Ares.

En la zona de Orcopampa y Huambo también se tiene depósitos evaporíticos como sal y yeso, así como depósitos de travertino.

La unidad minera Orcopampa, dentro su política ambiental tiene definido consistentemente un especial interés en desarrollar sus operaciones mineras tratando de encontrar alternativas y acciones para minimizar el impacto ambiental. Con esta política se esta tratando de afectar en menor grado terrenos agrícolas, y disponiendo adecuadamente la acumulación de material estéril, proveniente de las labores de exploración y de explotación, asimismo la adecuada disposición de relaves y de los desechos industriales. Para tal efecto se usa racionalmente los recursos hídricos y se ha establecido un control directo de los efluentes de tal manera que estos no influyan negativamente en la calidad del cuerpo receptor.

Sin embargo, del análisis se infiere que aún es necesario ajustar la calidad de los efluentes tal como se observa en el siguiente cuadro, pero es digno de mencionar que se han concluido diferentes estudios además se están aplicando acciones como el control del contenido de sólidos de suspensión a partir de la construcción de pozas de sedimentación en serie de 600 m<sup>3</sup> de capacidad cada una. La disposición de material estéril mediante tres presas de relave, de las cuales solo el 3 se encuentra en operación y los otros se encuentran en un proceso de revegetación, por otro lado los materiales estériles extraídos de las labores mineras debido a la oxidación, en estos momentos la Empresa se encuentra desarrollando un programa de rehabilitación, encapsulando las canchas y utilizando caliza para el control del pH y asimismo recubriéndolas con tierra para su posterior revegetación.

En relación a la planta de cianuración, la Empresa ha desarrollado un programa con la finalidad de evitar contaminar el suelo y las aguas superficiales y subsuperficiales a partir del empleo de geotéxtiles, y el reciclaje de las soluciones.

Del análisis se deduce que el efluente proveniente de la Cocha tienen valores que se encuentran dentro de los límites permisibles para la emisión en las unidades minero-metalúrgicas.

## RESULTADO DE LABORATORIO

CUADRO N° 34

Laboratorio:	Investigación y Servicios N: 300
Dirigido a:	Sr. Roberto Kosaka Masuno

Orcopampa

	Ph	Cobre	Hierro	Plomo	Cinc	Cloruros	Sulfatos	Alcalinidad	C.N.
Expresado en:		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CO <sub>3</sub> Ca	mg/L
Entrada de cocha	8.3	0.05	1.43	0.14	2.18	2242.29	1130.00	317.81	0.26
Salida de cocha	7.7	0.04	0.38	0.08	1.34	1758.46	1012.00	235.65	0.03

La ubicación de la mina geomorfológicamente hablando se encuentra en uno de los extremos de una meseta con una configuración sumamente estable. De acuerdo a la evaluación realizada en diferentes minas, ésta empresa es una de las que han implementado El Programa de Adecuación y Manejo Ambiental con mucha responsabilidad e importante inversión.

En las fotografías Nros 24 al 31 captadas en el mes de mayo del presente año se observa problemas derivados del drenaje ácido de mina y de los desmontes, asimismo la fase investigatoria del tratamiento pasivo de las aguas ácidas ha concluido y ahora se encuentra en la segunda fase correspondiente a la captación de la totalidad de los efluentes, este método denominado Wetlands utiliza procesos biológicos y geoquímicos y reduce los contaminantes a través de la precipitación de los hidróxidos, sulfuros y ajustes del Ph.

Otras acciones que se están desarrollando es el encapsulamiento de los desmontes que se han acumulado a través de muchos años de explotación, en este caso se están colocando piedra caliza en su base, el recubrimiento con tierra agrícola y su posterior revegetación. En los depósitos de relaves que se encuentran en la fase de producción tiene ventajas topográficas y la existencia de una extensa área así como condiciones geológicas que aseguran una buena estabilidad.

### VI.2.3. Minas Caylloma

La mina Caylloma es una de las minas más antigua del Perú, esta fue explotada por los Incas y posteriormente por los españoles en la época de colonia. En la era Republicana, el más antiguo período

## **MINAS ORCOPAMPA**



**FOTO N° 24 : Vista panorámica del pueblo de Orcopampa y pozas de recepción de los efluentes provenientes de la planta de Cianuración.**



**FOTO N° 25 : Drenaje Acido de una mina antigua.**

## MINAS ORCOPAMPA



**FOTO N° 26 : Poza de Investigación para el tratamiento de Aguas Acidas (Wetlands).**



**FOTO N° 27: Construcción de pozas para el tratamiento de Aguas Acidas mediante el Método de Wetlands.**

## **MINAS ORCOPAMPA**



**FOTO N° 28 : Encapsulamiento de desmonte en las Minas Orcopampa para el Proceso de Revegetación.**

---



**FOTO N° 29 : Encapsulamiento de desmonte y revegetación en las Minas Orcopampa.**

## **MINAS ORCOPAMPA**



**FOTO N° 30 : Depósito de relave en las Minas Orcopampa.**



**FOTO N° 31 : Proceso de revegetación en una cancha de relave en las Minas Orcopampa**

de explotación se inició en 1880 con la Empresa Caylloma Silver Mining y de allí sucesivamente han cambiado en varias oportunidades de propietarios. El yacimiento de Caylloma forma parte de un amplio distrito minero-argentífero, ubicado en los límites oeste y norte del caldero de colapso de Caylloma.

Por su antigüedad la mina Caylloma presenta serios problemas de contaminación y cuya adecuación a las normas vigentes sobre conservación ambiental representa tanto técnica como económica difícil.

#### **VI.2.4. Minas Ares**

El asiento minero se encuentra ubicado en la Provincia de Castilla, distrito de Orcopampa, paraje de Cajchalla a una altura de 4975 mt. sobre el nivel de mar.

Dentro del área de influencia tenemos 2 pequeños caseríos denominados Quinsachata y Viscacuto con una población de aproximadamente de 200 habitantes.

Esta zona de vida natural identificada como formación ecológica tundra pluvial subtropical, que se extiende entre los 4500 a 5000 mts. sobre el nivel del mar (sistema L.R. Holdridge). La topografía del área es algo semi accidentada con un clima sumamente frígido, la precipitación promedio total es de 6.97 mm., y la temperatura promedio se encuentra entre -4° C. y 14.5° C.

La actividad agrícolas por las condiciones climatológicas se encuentran sumamente limitadas el recurso principal son los pastos naturales que tienen una baja capacidad de pastoreo por su bajo nivel alimenticio y poca preferencia por el ganado, las zonas de bofedales son los únicos lugares adecuados para el pastoreo. La fauna silvestre de la zona es sumamente escasa consistente en aves, venados, zorros, roedores, reptiles e insectos.

El proyecto inicial de la instalación de una Planta de Beneficio de Minerales de Oro y Plata tiene un costo estimado de US 30 millones de dólares, el proceso es mediante el sistema de lixiviación por cianuración con una capacidad de tratamiento de 500 TM/d. sin embargo, por su gran rentabilidad se estaría proyectando la ampliación de la planta de beneficio

Las características del mineral a tratarse es como sigue:

<b>Origen</b>	<b>Hidrotermal</b>
Naturaleza	Metálica
Sustancias	oro nativo, electrum, sulfuros de plata, sulfosales de plata, sulfuros de fierro
Elementos	Oro, plata, Mercurio
Menas	Oro nativo, electrum, argentita, proustita, pirargirita
Leyes Cabeza	Au : 19g/TM, Ag 5.91Onza/TM ; Hg : ppb 280

Reactivos

<b>Reactivos</b>	<b>Kg/Ton</b>
Cianuro de sodio	25
Cal (85% de CaO)	20
Floculante	25
Diatomita	760
Antiincrustantes	5-1- p.p.m. en solución

El producto final es un cemento metálico de oro y plata y 30% de humedad y relaves.

Para la disposición de los relaves de la planta se ha acondicionado una cancha con una capacidad de almacenamiento de un millón de toneladas, la que estaría garantizado una vida útil de 5.16 años a un ritmo de 500 TM/d., para tal efecto se dispone de un revestimiento de geomembrana, desagües, terraplenes, tuberías de desviación de aguas superficiales y filtraciones subterráneas.

La Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa en coordinación con la Empresa ha proyectado la utilización de los relaves de la Planta de Lixiviación de la Mina Ares. Esta posibilidad estaría orientado fundamentalmente en la fabricación de ladrillos como principal fuente para la industria de la construcción, en nuestro medio constituye el principal material para la construcción. Se ha proyectado adicionalmente la posibilidad de ser utilizado en la industria de la fabricación de cemento, claro está que dependerá fundamentalmente como en el caso anterior de los costos y de las posibilidades técnicas, esto permitiría el uso de un mayor volumen de relave.



### **1. Los Efectos Previsibles de la Actividad Minera:**

- a) Los efectos sobre la flora y fauna de la zona serán mínimos por las medidas de seguridad que se están adoptando y particularmente en relación a la contaminación tanto de aguas superficiales y subsuperficiales, asimismo, por la poca biodiversidad de la zona
- b) La actividad minera no prevé efectos negativos sobre la salud humana, salvo en los casos de riesgos ocupacionales.
- c) En los aspectos socioeconómicos podemos indicar que los impactos serán positivos debido a la generación de empleo, facilidades para la comunicación, desarrollo tecnológico, asistencia médica y mejora en los servicios.

### **2. Condiciones Meteorológicas**

La temperatura en el área del asiento minero en los meses de febrero y marzo oscilan entre 14.5° y 0.05° C., mientras que en los meses de agosto y noviembre las temperaturas oscilan entre 10° y -5° C.

En la zona de estudio no existe estadísticas meteorológicas que permita una evaluación técnica de los aspectos climatológicos. Sin embargo, a través de los registros pluviométricos de 20 estaciones nos dan un idea aproximada de cuál es el nivel de precipitación en las microcuencas de la laguna Machucocha y la microcuenca de la laguna Cajchalla. Estas dos cuencas forman parte de la cuenca alta del río Camaná, Majes y Colca. En promedio la precipitación media anual en para este sector se encuentran entre los 500 y 800 mm.

La velocidad del viento se encuentran ubicadas en el rango de 4 a 7 m/s., los vientos con velocidades mayores a 8 m/s. son poco frecuentes así como también las ubicadas en el rango de 1 a 3 m/s.

En relación a la precipitación e inundación particularmente no ofrece un riesgo importante por la ubicación del asiento minero, y por las propias condiciones geológicas y meteorológicas, aún cuando en esta zona se registra los mayores valores de precipitación pluvial.

### **3. Consideraciones Sísmicas**

Es un nuevo gran prospecto que guarda gran esperanza para la región considerando sus grandes posibilidades y su alto contenido de oro y plata, esta mina propiedad del grupo Hochschild tiene

planificado la producción de 500 toneladas diarias y con proyección de aumento en el futuro, podemos considerar que la mina ha iniciado su producción en el presente año.

Tenemos conocimiento como todo proyecto nuevo y de envergadura tuvo algunos inconvenientes en el montaje de la planta, asimismo de las dos presas de relleno construido para contener los relaves, la primera cuya longitud es de 160 metros con una base de 10 metros y una altura de 7 metros y una corona de 4 metros de ancho no presenta ninguna falla, sin embargo la segunda presa de relleno con una longitud aproximada de 250 metros, con una base de 40 metros, una altura de 9 metros y corona de 4, ha presentado una falla importante.

La construcción de las presas realizado en una hondonada, se encuentra asentado sobre la base de un material no muy consolidado consistente de material limoso, arcilloso inorgánico de plasticidad intermedia, para una mejor evaluación de la falla de la presa es necesario profundizar el estudio geotécnico y geofísico con la finalidad de determinar fallamiento local, la profundidad del nivel freático y otras características físicas.

Por las consideraciones geológicas y geofísicas podemos deducir que la sismicidad de la zona no se encuentra al nivel de la costa o del área cercana a Arequipa, sin embargo de acuerdo al análisis de las isosístas de los últimos terremotos le correspondería un nivel de aproximadamente VI a VII grados en la Escala Modificada de Mercalli, mientras que la máxima intensidad calculada podría llegar al grado VIII.

**Durante la visita a las mina se obtuvieron los siguientes resultados:**

CUADRO N° 35

ARES

	Ph	Cobre	Hierro	Plomo	Cinc	Cloruros	Sulfatos	Alcalinidad	C.N.
Boca Mina	7.5	0.02	0.49	0.02	0.11	5.05	170.00	18.92	0.10
Agua Lixiviación	9.6	1.40	11.50	0.05	4.95	419.40	521.00	531.85	1.04

#### 4. Comentario Sobre los Riesgos

Si bien es cierto que en la zona existe una gran profusión de rocas volcánicas, en la actualidad no tenemos manifestaciones indicadores sobre actividad volcánica que pueda asociarse con un riesgo directo. En relación a los factores climatológicos esta zona presenta los mayores índices de precipitación, valores que superan los 500 mm.

Indudablemente que la sismicidad es uno de los factores que más nos debe preocupar en Arequipa, porque a través de su historia

hemos tenido experiencia sumamente aleccionadora, como los sismos recientes ocurridos en 1958, 1960, 1979, 1996 y cuyos efectos fueron devastadores en algunas localidades.

Particularmente en esta zona donde se ubican minas como Arcata, Orcopampa, Shila, Caylloma, Sucuytambo, Ares, etc. tenemos registrados intensidades entre el grado VI y VII en la Escala modificada de Mercalli. La distribución de la actividad sísmica de la Red Mundial de Estaciones Estandarizadas, nos permite deducir que la actividad superficial es escasa con un mayor número de sismos intermedios.

La Red Regional de estaciones sísmicas, con campañas sucesivas como los del año 1965, 1969, 1975-76, 1985-86, que fueron realizadas por el Instituto Geofísico de la UNSA y la campaña sísmica de 1980-81, realizado por MIT. la Universidad de Grenoble en colaboración con la UNSA, se observa una actividad sísmica moderada salvo la actividad superficial determinada en la campaña sísmica de 1980-81 muy cercana a Caylloma.

Por la ubicación estratégica de las minas de este sector y considerando la topografía, podemos inferir que los deslizamientos e inundaciones no muestran una alta peligrosidad, pero deberán tomarse muy en cuenta la estabilidad hidrológica de las presas de relave, para ello en la mayor parte de los casos usan adecuados sistemas de drenaje.

Las plantas de procesamiento de minerales generan aproximadamente dos tercios más que el volumen original de mineral extraído, por lo que se requiere su depositación generalmente en zonas áridas donde las posibilidades de contaminación sea escasa. Pero se requiere que las presas de relave tengan ciertas características como la estabilidad estática y dinámica, que permita garantizar que la integridad interna y externa de la presa se mantenga estable durante todo el tiempo. Asimismo, por la severidad de los movimientos sísmicos las presas debe garantizar una Estabilidad Sísmica, capaz de soportar movimientos de gran intensidad.

La Mina Ares ha iniciado sus operaciones recientemente pero ya se ha proyectado la ampliación de la planta de tratamiento de cianuración por el rendimiento especial que se vienen dando. En la fotografía Nro 32 se observa la vista panorámica de la Mina con condiciones geológicas y geofísicas muy ventajosas. En las fotografías Nros. 33 y 34 se observa los dos diques existentes para la depositación de los relaves, una de ellas recientemente tuvo problemas de fracturamiento ocasionado según los estudios

**MINAS ARES**



**FOTO N° 32 : Vista panorámica de las Minas Ares.**



**FOTO N° 33 : Vista de la presa de relave N° 1 de las Minas Ares.**

## **MINAS ARES**



**FOTO N° 34: En la imagen se observa la reparación de la presa de relave N° 2 que sufrió fracturas causado por asentamiento**

geotécnicos por problemas geológicos, y que en la actualidad ya ha sido reparado.

### **VII.2.5. Minas Madrigal**

La Mina Madrigal se encuentra ubicada en la parte meridional de la Cordillera Occidental de los Andes, a lo largo y en la cuenca del río Cahuira, tributario del Colca. Políticamente pertenece al Departamento de Arequipa, Provincia de Caylloma, Distrito del Madrigal.

Las operaciones de la Compañía Minera del Madrigal en la actualidad se encuentra inactiva, pero sus instalaciones se encuentran totalmente intactas. Tiene una altitud fluctuante entre los 3,000 m. s.n.m. donde se encuentran ubicadas la planta concentradora, el área industrial, las oficinas de administración, el hospital y el campamento principal mientras que la mina denominada Santa Rosa se encuentra a los 4,000 m s.n. m. .

En algún momento fue uno de los proyectos más promisorio ubicado en el Valle del Colca en las cercanías del pueblo del Madrigal. Una zona tectónicamente activa por los continuos deslizamientos que se \*general, por la ocurrencia de sismos y el peligro siempre latente de una posible erupción del Volcán Sabancaya.

En el año de 1990 por la ocurrencia de un sismo de magnitud 6.2, las viviendas del pueblo de Maca distantes algunas decenas de kilómetros del Madrigal colapsaron el 90% de las viviendas y con daños menores muchos poblados cercanos al epicentro.

En las fotografías Nros 35, 36 y 37 se observa uno de los mayores problemas de la zona y es la presencia de la cancha de relave que se encuentra en total abandono, en una área muy inestable y a merced de los fuertes vientos que esparcen polvo fino a los lugares cercanos. Este problema debe ser subsanado para evitar daños mayores mediante técnicas usualmente utilizados. En la fotografía Nro 38 se observa que a raíz del fenómeno El Niño ocurrió una avalancha que daño parte de la infraestructura existente en la mina.

## **VI.3. ACTIVIDAD MINERA EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA**

### **VI.3.1. U.P. Cerro Verde**

Esta mina representa el yacimiento mas importante de Arequipa por el volumen de explotación que en la actualidad alcanza las

## **MINA MADRIGAL**



**FOTO N° 35: Vista panorámica de los depósitos de relaves de Madrigal.**



**FOTO N° 36 : Imagen de los depósitos de relave en estado de abandono de la Mina Madrigal.**

## **MINA MADRIGAL**



**FOTO N° 37 : Vista de los relaves de la Mina clausurada de Madrigal.**



**FOTO N° 38 : Vista del huayco ocurrido en las instalaciones de la Mina Madrigal (marzo 1998)**



26000 toneladas diarias, el mineral secundario es procesado mediante el método de lixiviación.

Desde la transferencia a la Empresa Cyprus se ha constatado una sustancial mejora en cuanto a la tecnología, aumento en la producción y fundamentalmente una política coherente en la conservación ambiental.

La ocurrencia de fenómenos naturales en este sector se circunscribe especialmente a los eventos sísmicos, la sismicidad es sumamente alta, por las condiciones geológicas y el tipo de explotación la mina es muy susceptible a los derrumbes, por las medidas de seguridad adoptada a nivel de la Empresa estimamos que la vulnerabilidad de Cerro Verde ante la eventual ocurrencia de un sismo es muy bajo.

Las minas ubicadas en las cercanías de la localidad de Yarabamba, actualmente se encuentran prácticamente paralizadas y por sus características de explotación y por las condiciones geológicas no representaría un peligro potencial.

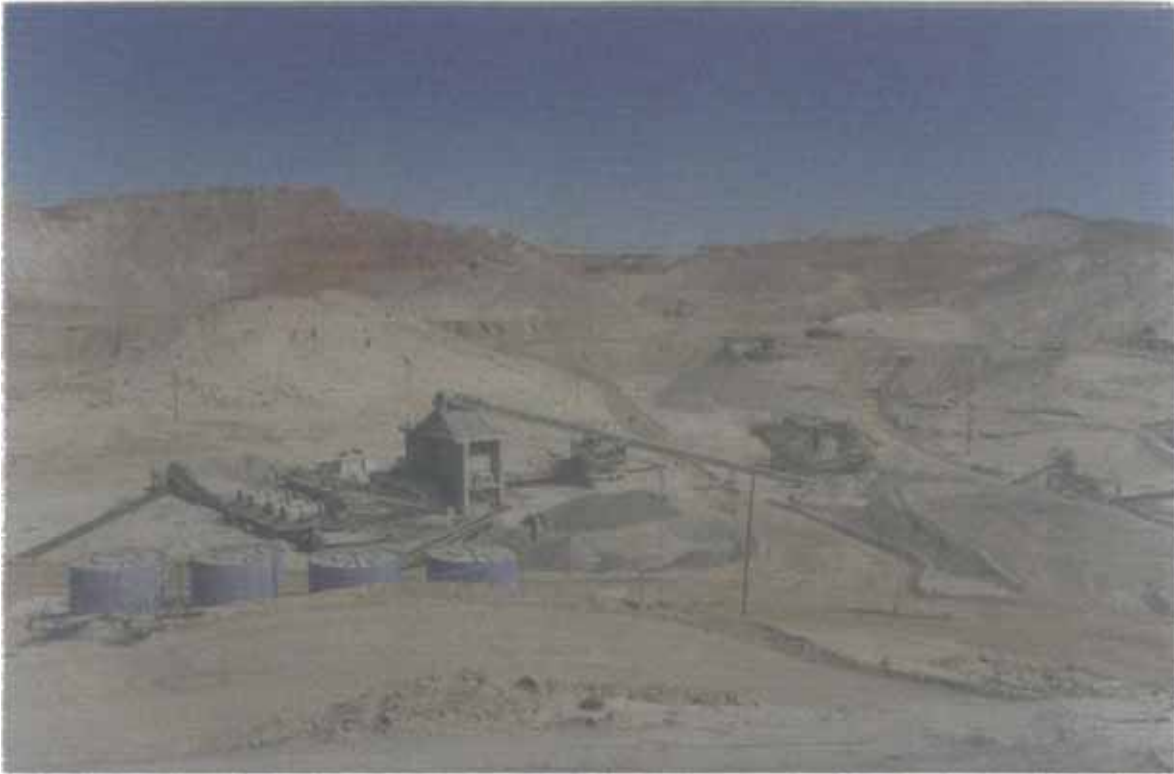
Desde que la CYPRUS tomó las riendas en el manejo del yacimiento hemos constatado la utilización de nuevas técnicas en la explotación y un mejor sentido en el cuidado ambiental, que los hace más eficiente y con una significativa reducción de los costos de producción.

En la fotografía Nro 39 se observa la Mina de Cerro Verde y las instalaciones en primer plano de la fase de chancado y molienda, material que luego es enviado a la cancha de lixiviación previo tratamiento del mineral para su óptima recuperación.

En la fotografía Nro 40 se observa parte de los antiguos PADs que trabajó Minero Perú que aún se está tratando de recuperar el mineral existente. En las fotografías Nros 41 y 42 se observa la cancha de lixiviación principal que recibe prácticamente la totalidad de la producción, mediante la utilización de equipos modernos y técnicas para una mejor recuperación del mineral.

Esta mina por su ubicación y por las condiciones meteorológicas no ofrece riesgo de potencial de contaminación de las aguas superficiales, pero si creemos necesario un control continuo de las aguas subterráneas, porque en las partes bajas del valle el Chili existen manantiales cuyas aguas se vierten al río y que luego son utilizadas tanto para el consumo humano como par la agricultura.

**MINA CERRO VERDE**



**FOTO N° 39 :Vista panorámica de la operación de chancado de U.P. Cerro Verde y de la Mina**



**FOTO N° 40 : Imagen de un PAD antiguo en la U.P. Cerro Verde.**

**MINA CERRO VERDE**



**FOTO N° 41 : Imagen del PAD N° 4 de la U.P. Cerro Verde.**



**FOTO N° 42 : Vista del carguío de los módulos en el PAD N° 4 en el U.P. Cerro Verde**

En relación a las operaciones mineras éstas no afectan directamente a poblado alguno por su ubicación distante. El control que realiza el Instituto Geofísico de la UNSA en lo que respecta a la parte meteorológica y sísmica así lo demuestra. En el siguiente gráfico se observa sismogramas de la Estación Telesísmica del Observatorio de Characato, en la que se han registrado disparos de la Mina Cerro Verde, por el nivel de la energía liberada en los disparos y consecuentemente por la distancia esto no tiene ningún efecto en la ciudad de Arequipa . En la Fig. Nro 16 se observa un sismograma con el registro de una explosión de Cerro Verde

### **VI.3.2. Minerales No-Metálicos**

La fabrica de Cemento Yura de Arequipa representa la explotación mas importante de minerales no metálico, la planta se encuentra ubicada a unos 30 Km. de la ciudad, esta actividad a nuestro criterio presenta un serio problema en el ámbito local por la emisión excesiva de polvo en sus operaciones.

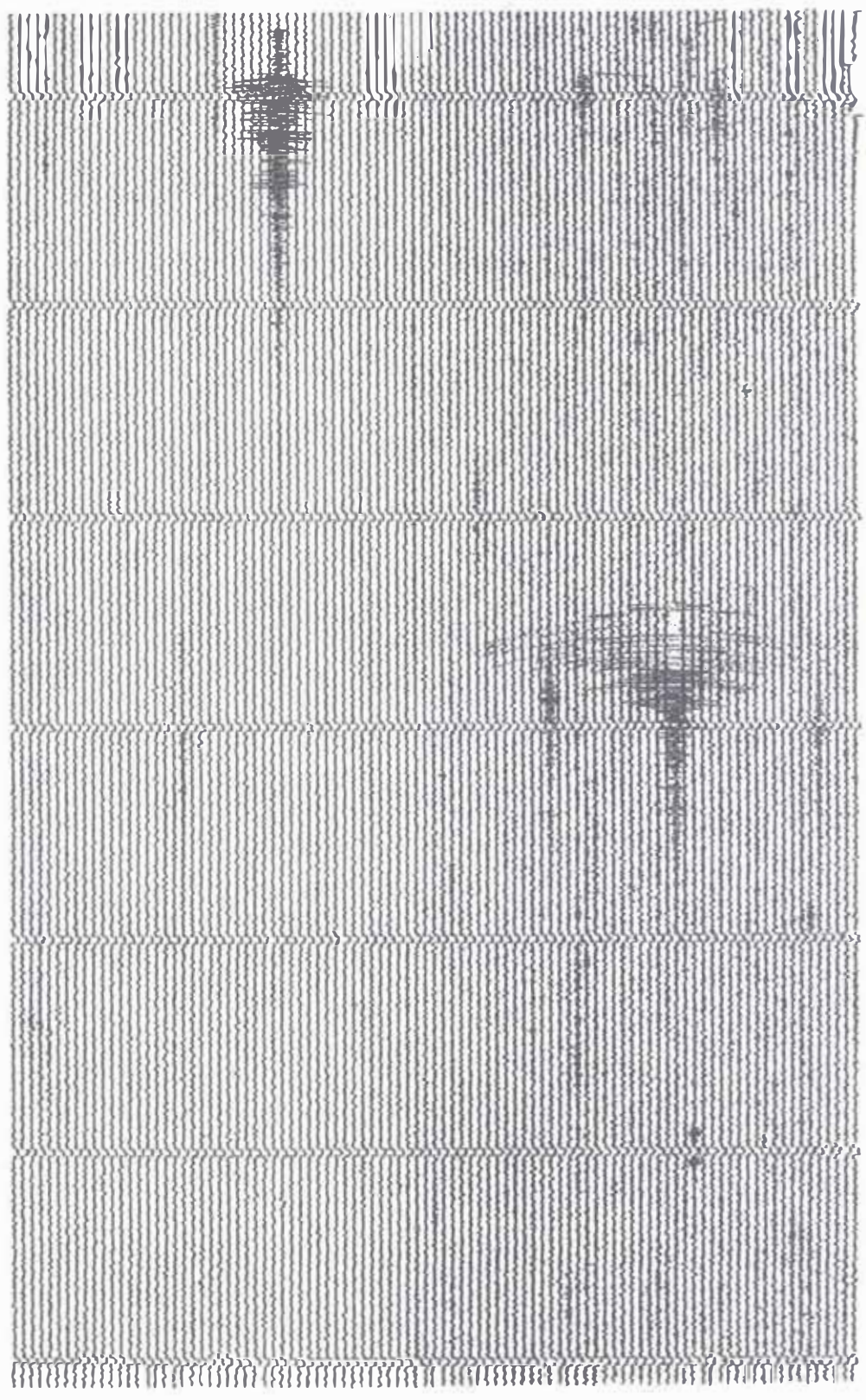
En las fotografías Nros 43 y 44 se observa claramente el grado de emisión de polvo a la atmósfera que compromete especialmente a los pobladores que habitan en la cercanías de la fabrica.

Otras industrias establecidas en la región corresponden a la explotación de materiales calcáreos, agregados para la industria de la construcción y los boratos que son extraídos por la Empresa Ubinas S.A., esta ultima tiene sus depósitos en Uchumayo localidad muy cercana a Arequipa, de acuerdo a las evaluaciones realizadas respecto a este depósito, podemos indicar que podría existir algunos inconvenientes relacionados con la dispersión de los materiales por efecto del viento, ya que se encuentra ubicada en el valle del Río Chili; en la fotografía Nro.45 se observa el depósito de boratos.

26 JUL. 1998

25 JUL. 1998

STATION: 010305 3.57 1.00 5.00 10.00 20.00  
DATE ON: 07-25-98 ON: 08:00:00 MS @ 2000 GALT  
DATE OFF: 07-26-98 TIME OFF: 00:00:00 MS @ 2000 GALT  
GRIND MOT. 



**FIG. N° 16 Registro de explosión de las Minas Cerro Verde (Sismograma del Observatorio de Characato del Instituto Geofísico de la UNSA-25 y 26 de julio de 1998)**

**FABRICA DE CEMENTO YURA**

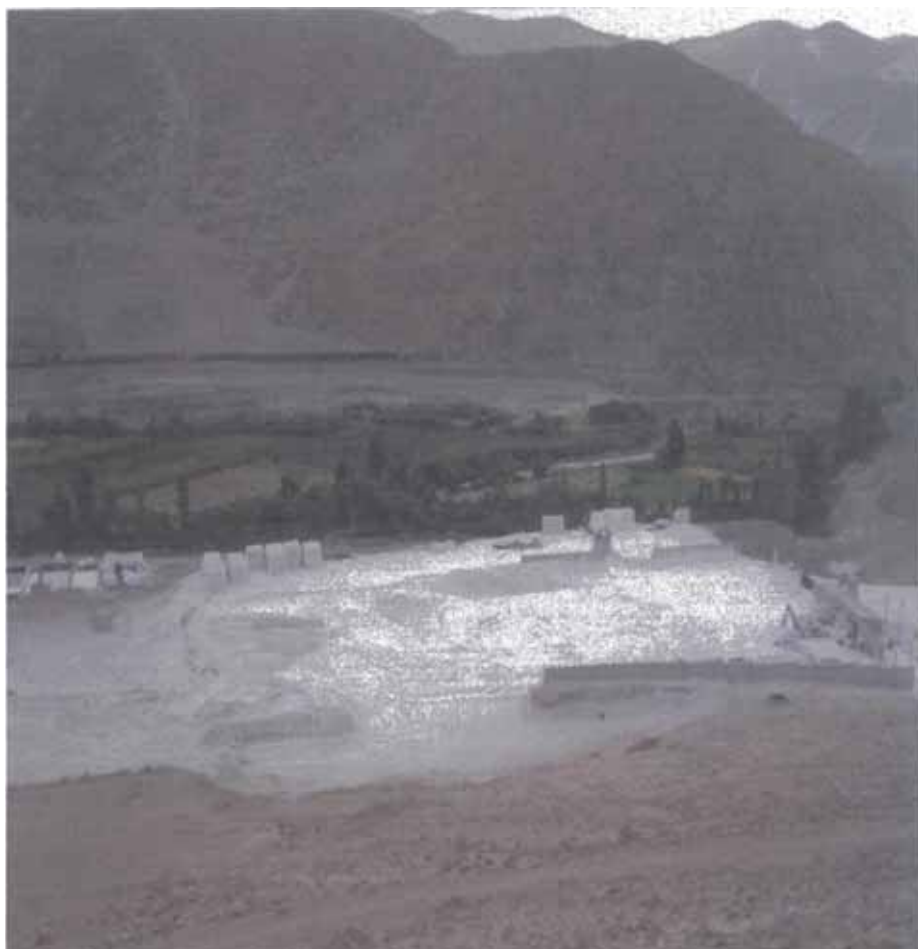


**FOTO N° 43 :Imagen de la planta de Cemento Yura**



**FOTO N° 44 :Vista panorámica de la planta de Cemento Yura y su incidencia en la población adyacente.**

## **DEPOSITO DE BORATO**



**FOTO N° 45 :Depósito de boratos en el Valle del Chili, cercano a la localidad de Uchumayo**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1.-** Por las características geológicas y geofísicas de la Región Sur del Perú, esta se encuentra expuesta a la ocurrencia de los fenómenos naturales, como los sismos, deslizamientos, avalanchas y procesos volcánicas.
- 2.-** Por la importancia económica que representa la minería en el Perú y por las características de sus operaciones es necesario prestar la debida atención a los fenómenos naturales propio de nuestra región.
- 3.-** Por la naturaleza de los sismos estos deben considerarse como un problema regional cuando se evalúe el grado de peligrosidad y vulnerabilidad de la infraestructura construida por el hombre y adicionalmente su relación con los elementos naturales.
- 4.-** La sismicidad de la Región Sur del Perú es considerada de un nivel alto, que se traduce en la gran cantidad de sismos que se generan, por la experiencia histórica, valores importantes de aceleración, el nivel de liberación de energía y por los cálculos de la probabilidad de ocurrencia y período medio de retorno.
- 5.-** Se ha constatado que en nuestra región los simos han tenido una incidencia negativa en la actividad minera, en lo referente a desplome de depositos de relave, como las de Otapara en totalidad de Acari y Chala.
- 6.-** De acuerdo a los estudios de los diferentes parámetros de la sismicidad, podemos afirmar que los sectores de mayor riesgo corresponde a la zona costera y áreas adyacentes, así como en las localidades cercanas a Arequipa y menor grado en ciertas zonas de la provincia de Condesuyos y Caylloma donde justamente se desarrollan importantes proyectos mineros.
- 7.-** Por los diferentes elementos que condicionan los aspectos climatológicos, el nivel de precipitación en la región aumenta considerablemente a medida que nos introducimos al continente. Justamente los asientos mineros ubicados en las partes altas de Arequipa son los que se encuentran expuestos a inundaciones, deslizamientos y avalanchas.
- 8.-** En el presente año a raíz del fenómeno El Niño, se han presentado precipitaciones algo inusuales en algunas partes de



Arequipa. Tenemos un ejemplo como lo ocurrido en las instalaciones de la Mina Madrigal.

- 9.-** El riesgo a los procesos volcánicos eruptivos, se circunscriben a ciertas áreas relacionada a la presencia de volcanes como el Misti, Ubinas y Sabancaya.
- 10.-** En los últimos tiempos tenemos registrado la actividad volcánica del Sabancaya que ocasionó zozobra a las poblaciones cercanas al volcán.
- 11.-** En líneas generales las minas importantes de la región observan con cierta rigurosidad las normas ambientales.
- 12.-** La actividad minera artesanal se reduce a la explotación de oro fundamentalmente en las zonas de Ocoña, Caravelí, Chala y Yauca. Hemos constatado que no se desarrolla dentro las normas de seguridad ambiental.
- 13.-** El procesamiento del oro en plantas de beneficio en las localidades antes mencionadas no observan las reglamentaciones mínimas para la operación, de allí que en el último sismo de Nazca se produjeron daños de consideración en algunos sectores.
- 14.-** La Mina Ares representa uno de los proyectos más promisorio de la región , lamentablemente en su fase inicial experimentó una falla en la construcción del dique de la presa de relave, por la falta de un buen estudio geotécnico.
- 15.-** En las Minas Arcata, se ha observado un adecuado cumplimiento de las normas ambientales además una política social digno de considerarse por sus implicancias económicas y humanas.
- 16.-** Las Minas Orcopampa aún con ciertas limitaciones en su reserva mineral mantienen un buen nivel en el manejo ambiental en lo referente al tratamiento de aguas ácidas, disposición de relave, encapsulamiento de desmonte de minas, efluentes provenientes de la planta industrial, revegetación de relavera antiguas y tratamiento de efluentes de la planta de cianuración.
- 17.-** La Unidad de Producción Cerro Verde en la actualidad desarrolla una tecnología adecuada acorde con las

características del yacimiento, paralelamente el nivel de adecuación ambiental es óptimo. Por su ubicación y por las características geológicas y geofísicas de la zona, esto favorece a un buen control sobre la contaminación ambiental.

- 18.-** La actividad no metálica en la Región Arequipa, esta representada especialmente por la industria del cemento, ésta se desarrolla en las cercanías del poblado de Yura. El impacto ambiental se circunscribe a la emisión de polvo, que incide especialmente a la población que se desarrolla alrededor de la fábrica.
- 19.-** En líneas generales la explotación de recursos no metálicos en Arequipa es realmente incipiente de allí que su influencia en los aspectos ambientales no es importante. Podemos mencionar entre otros el depósito de boratos y la explotación de piedra laja en el distrito de Yura, que en algún momento ocasionó represamiento del río Yura por la falta de criterio en su explotación.
- 20.-** Por las condiciones de los depósitos de relaves de las Minas Madrigal, debe procederse de inmediato al encapsulamiento y revegetación.
- 21.-** Las plantas de beneficio de oro que operan en las ocalidades de Ocoña, Chala, Jaqui, Caravelí, deben observar con mayor rigurosidad las normas técnicas en sus operaciones para evitar accidentes que originen contaminación ambiental.
- 22.-** En los nuevos prospectos mineros como en las ya existentes deben desarrollarse programas de riesgos y de vulnerabilidad para diferentes fenómenos naturales.

## **BIBLIOGRAFIA**

**Aguilar Bardeales, Zenón:** Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Arequipa, Título Ingeniero Civil, UNI 1991.

**Bustamante Prado, Fredy:** Aspectos Sismo-Tectónicos en el Perú, Tesis Bach. UNSA 1978.

**Birnie R., Hall J. Y Paradi A.:** The Geochemistry of the Misti volcano, Perú fumarolas 1996.

**Cahill Lawrence:** Environmental Audits, Governments Kaneraymond y Institutes, USA. Colaboradores.

**Departamento Del Medio Ambiente:** Libro de consulta para Evaluación Ambiental, Vol. I Políticas, Procedimientos y Problemas Intersectoriales. Banco Mundial, Washington D.C., 1991.

**Dirección General de Asuntos Ambientales:** Compendio de Normas Ambientales para las Actividades Minero Energéticas Ministerio de Energía y Minas 1997.

**Dirección General de Asuntos Ambientales:** Guías Ambientales, Sub-Sector, Minería, Ministerio de Energía y Minas, 1995-1996.

**Estudio de Impacto Ambiental de la Planta de Beneficio Ares,** Compañía Minera Ares S.A. SEGECO Enero de 1997.

**Gonzales Efflo, Alberto:** Microzonificación y Planeamiento Urbano de la Ciudad de Huancabamba para la Mitigación de Desastres Naturales, UNI, Ingeniero Civil, 1991.

**Hunt David Johnson:** Sistema de Gestión, Medio Ambiental; serie Mc Graw Hill, España.

**Hall M.:** Informe de la misión de DHA/UNDRO Arequipa – Perú, 1993.

**Instituto Nacional de Estadística:** Estadística del Medio Ambiente Estadística e Informática 1995, Comisión Interinstitucional de Estadística del Medio Ambiente Dirección Nacional de Estadísticas Básicas, 1995.

**Inventario, Evaluación y Uso de los Recursos Naturales de la Costa, Cuencas de los Ríos Quilca y Tambo:** Volumen I, octubre 1974, ONER.

**Inventario, Evaluación y Uso de los Recursos Naturales de la Costa, Cuencas de los Ríos Majes y Camaná:** Volumen I, octubre 1974, ONER.

**Inventario, Evaluación y Uso de los Recursos Naturales de la Costa, Cuencas de los Ríos Atico, Caraveli y Ocoña:** Volumen I, octubre 1974, ONER.

**Kosaka Masuno, Roberto:** Actividad Sísmica Reciente en el Perú y Probabilidad de Ocurrencia, Tesis Bach. UNSA, 1973.

**Kosaka, Roberto; Gonzales Edgard; Minaya Armando; Soto Jorge:** Campaña Sísmica del Valle del Colca y el Volcán Sabancaya, Instituto Geofísico de la UNSA, Arequipa 1995.

**Macedo Franco, Luisa:** Peligro Potencial del Volcan Misti UNSA, Ingeniero Geólogo UNSA 1994.

**Medina Rodríguez, Elmer:** Zonificación Geotécnica Preliminar de la Ciudad de Arequipa, Tesis Bach. Ingeniería Civil, UNSA 1991.

**Ministerio de Energía y Minas:** Plan Referencial de Minería 1995 Minas-2005.

**Ministerio de Energía y Minas:** Desarrollo Económico y Social, Minas Basado en su Minería, 1990.

**Ocola Leonidas:** Catálogo Sísmico Vol. IV, Proyecto de Sísmicidad Andina SISAN, Lima 1984.

**Orihuela Astupinaro P.:** Sismo Arequipa 16-02-79 Influencia de las Locales, Título Ingeniero Civil UNI, 1981.

**Proyecto Sistra:** Catálogo de Terremotos para América del Sur, Proyecto SISRA Vol. 7C, 1985.

**Programa de Adecuación y Manejo Ambiental "PAMA"** de la Unidad Mina Arcata SGS Environment, 1996.

**Rodríguez Zamalloa G.:** Vulnerabilidad Sísmica en ciudades representativas del Departamento de Arequipa y Recomendaciones Técnicas para la Mitigación de Desastres, UNI Ingeniero Civil 1994.

**Seodanez M.:** Auditores Medio Ambientales y Gestión Medio Ambiental de la Empresa, Colección Ingeniería Medio Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 1995.

**Seodanez M.:** Auditores Medio Ambientales y Gestión Medio Ambiental de la Empresa, Colección Ingeniería Medio Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 1995.

**Silgado Enrique:** Historia de los Sismos mas Notables en el Perú, 1968.

**Smol F., Morche W. y Nuñez S.:** Riesgo Volcánico en el Sur del Perú, boletín N° 16, mayo 1997, INGEMMET, Lima – Perú.

**Tapia Canales César :** Microzonificación de la ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres, UNI, Ingeniero Civil 1991.

**Thouret J., Legros F., Navarro P. y Otros:** El Misti Stratovolcano, South Perú: eruptive history and implications for hazard assesement – Segundo Seminario Latino – Americano “ Volcanes, Sismos y Prevención”, Lima y Arequipa, 4-9 noviembre 1996.

**Weltzenfeld Henyk:** Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud, Centro Panamericano de Ecología Huamana y Salud, Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, OMS.; Mexico D.F. 1990.

**Zevallos R. Antonio:** Sismicidad y Aporte al Diseño Sismo resistente en la Región de Arequipa, Título Ingeniero Geólogo UNSA 1978.