

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIOS IMPRESCINDIBLES, PARA LA POSTERIOR
CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE MATERIALES SUELTOS
SOBRE EL RÍO SANTANERO, EN LA REGIÓN CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRAULICA

AUTORES:

Br. MICHAEL CAMPOS CUBAS

Br. ROYER KIMER OBANDO JUAREZ

ASESOR:

ING. SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMAN

TRUJILLO – PERÚ

2019

Fecha de sustentación: 07/12/2019

APROBACION DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollado por los bachilleres Michael Campos Cubas y Royer Kimer Obando Juarez, denominado:

“ESTUDIOS IMPRESCINDIBLES, PARA LA POSTERIOR CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE MATERIALES SUELTOS SOBRE EL RÍO SANTANERO, EN LA REGIÓN CAJAMARCA”

Ing. Guillermo Cabanillas Quiroz
PRESIDENTE
Nº CIP 17902

Ing. Ricardo Andres Narvaez Aranda
SECRETARIO
Nº CIP 58776

Ing. Juan Paul Henriquez Ulloa
VOCAL
Nº CIP 118101

Ing. Sagastegui Plasencia Fidel German
ASESOR
Nº CIP 32720

DEDICATORIA

De Michael:

Esta investigación, de forma especial se lo dedico a mis padres, ya que gracias a su amor y sus valores enseñados desde pequeño; además de ser los pilares en mi vida.

A Dios, ya que gracias a él he tenido la fortaleza suficiente para continuar. También a toda mi familia por su apoyo incondicional y poder con ellos en los buenos y malos momentos.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, la cual fue el cimiento en mi vida profesional.

A mis amigos y futuros colegas, ya que juntos se pudo lograr esta meta en nuestras vidas.

DEDICATORIA

De Royer:

En primer lugar, a Dios bendito, ya que gracias a él estoy hoy en día logrando esta meta en mi vida, por brindarme la fuerza y perseverancia y no permitir que me rinda.

Les dedico esto a mi familia, los cuales siempre estuvieron conmigo apoyándome en todas mis decisiones, brindándome su amor y apoyo moral.

A mis compañeros, con los cuales logramos vencer muchas veces los obstáculos que se presentaron en nuestra época estudiantil, logrando así poder titularnos.

A mis docentes de la Universidad Privada Antenor Orrego, ya que gracias a sus enseñanzas lograre ser un gran profesional y poder destacar en mi centro de labores.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la fuerza para no dejar que me rinda antes los malos momentos.

A mis padres por siempre confiar en mí, y estar conmigo en los buenos y malos momentos. Brindándome su amor, comprensión y valores. También por corregirme cuando estaba equivocado y estar conmigo para celebrar mis triunfos.

MICHAEL

En primer lugar, a Dios, por darme salud e iluminarme para poder seguir el buen camino.

A mi familia, porque en ellos vi un soporte importante para poder así lograr todo lo que me propuse, y que siempre llevo en mi mente.

Agradezco también a mis amistades, que en toda mi etapa de estudiante han estado apoyándome y brindándome su apoyo incondicional para no rendirme y lograr cumplir mi meta.

ROYER

RESUMEN

El presente trabajo de Investigación consiste en realizar los estudios imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el río Santanero, en la región Cajamarca. Se tiene conocimiento que la zona de la cuenca es semiárida, también con épocas largas de estiaje las cuales se vinculan con la agricultura, la cual es la fuente principal de ingresos de los pobladores.

En esta tesis, se realizó el estudio de los parámetros geotécnicos. En primer lugar, logramos determinar que la presa en construcción debería ser de materiales sueltos, aprovechando las canteras cercanas que se encuentran.

Tomando en cuenta las demandas y ofertas, llegamos a la conclusión que tendríamos un volumen útil de 1.8 MMC, lo cual era suficiente, ya que logra cumplir con un 80% la garantía anual. Con el volumen, la curva cota – volumen y con un pre diseño del desagüe, obtuvimos una cota de coronación del núcleo de 2288 msnm, y de 2259 msnm para la propia presa. Con esto se partió para realizar un análisis de filtraciones y estabilidad con software de GeoStudio®.

En principio el estudio se realizó con el programa SEEP®, logrando un análisis estacionario y transitorio para el escenario de desembalse rápido.

Las filtraciones de nos dieron como resultaron fueron pocas, debido a que solo se producen a lo largo de la presa, ya que el subsuelo tenía una capa superficial con muy baja permeabilidad.

Con el segundo estudio utilizamos el programa GeoStudio®, en los diferentes escenarios que se requirió: las cuales fueron: final de la construcción, a largo plazo, tras desembalse rápido y con una combinación de sismo con las anteriores.

Al finalizar el estudio, concluimos que la geometría optada en un principio no era la adecuada y esta debía reformularse para el talud aguas arriba, ya que se producía una falla en el desembalse rápido con sismo. Las soluciones propuestas eran los micro pilotes, las cuales de utilizarían como pantalla, una berma inferior con enrocado y/o una disminución de la pendiente del talud.

Finalmente, al eliminar las dos primeras opciones de la propuesta, debido a que solo reducían en lo mínimo la inestabilidad. Se eligió aumentar el talud de 1H:1V a 1.5H:1V ya que con esta última se pudo lograr una mayor estabilidad en comparación de que con las anteriores. Incluso las filtraciones disminuyeron. También se realizó un análisis a los desagües, en primera instancia se hizo el estudio de desagüe de fondo con entrada a 2259 msnm y salida a 2288msnm, de las cuales sus pérdidas no dan un problema para su funcionamiento. Se delimito la cuenca de disipación de energía, teniendo en cuenta que el cauce de río se encuentra a 2260 msnm.

ABSTRACT

The present work of Investigation consists in carrying out the essential studies, for the later construction of a dam of loose materials on the Santanero river, in the Cajamarca region. It is known that the area of the basin is arid, also with long periods of low water which are linked to agriculture, which is the main source of income for the inhabitants.

In this thesis, the study of the geotechnical parameters was carried out. In the first place, we were able to determine that the dam under construction should be made of loose materials, taking advantage of the nearby quarries.

Taking into account the demands and offers, we reached the conclusion that we would have a useful volume of 1.8 MMC, which was sufficient, since it manages to meet the annual guarantee by 80%. With the volume, the curve - volume and with a pre design of the drain, we obtained a crown coronation height of 2288 meters above sea level, and 2259 meters above sea level for the dam itself. This was used to perform a leak and stability analysis with GeoStudio © software.

In principle, the study was carried out with the SEEP © program, achieving a stationary and transitory analysis for the rapid desembalse scenario.

The filtrations we were given as result were few, because they only occur along the dam, since the subsoil had a surface layer with very low permeability.

With the second study we used the program GeoStudio©, in the different scenarios that were required: which were: end of construction, long term, after rapid disbanding and with a combination of earthquake with the previous ones.

At the end of the study, we concluded that the geometry chosen at the beginning was not adequate and this had to be reformulated for the slope upstream, since there was a failure in the rapid desembalse with earthquake. The proposed solutions were the micro piles, which would use as a screen, a lower berm with castling and / or a decrease in the slope of the slope.

Finally, by eliminating the first two options of the proposal, because they only minimized instability. It was chosen to increase the slope from 2H: 1V to 1.5H: 1V. since with the latter it was possible to achieve greater stability compared to the previous ones. Even the leaks decreased.

An analysis was also made to the drains, in the first instance the study of bottom drainage was made with an entrance to 2259 meters above sea level and an exit to 2288 meters above sea level, of which its losses do not give a problem for its operation. The energy dissipation basin was defined, taking into account that the river bed is at 2260 meters.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: ESTUDIOS IMPRESCINDIBLES, PARA LA POSTERIOR CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE MATERIALES SUELTOS SOBRE EL RÍO SANTANERO, EN LA REGIÓN CAJAMARCA.

Atentamente,

Trujillo, abril del 2019

Br. MICHAEL CAMPOS CUBAS

Br. ROYER KIMER OBANDO JUAREZ

INDICE DE CONTENIDO

Aprobación de tesis	I
Dedicatorias	II
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VII
Presentación	IX
I. INTRODUCCION	01
Realidad problemática.....	01
Delimitación del problema.....	04
Definición del problema	14
Características del problema	14
Alcance.....	16
Aporte.....	16
Viabilidad de la instigación.....	16
Formulación del problema	17
Objetivos	17-18
Justificación	18
I. MARCO DE REFERENCIA	20
Antecedentes del estudio	20
Marco teórico.....	28
Marco conceptual	50
Hipótesis.....	55
Variables	56
II. METODOLOGÍA	57
Tipo y nivel de investigación	57
Población y muestra de estudio.....	57
Técnicas e instrumentos de investigación	58
Diseño de investigación.....	58
Procesamiento y análisis de datos.....	58
III. RESULTADOS	59
IV. CONCLUSIONES	88
V. RECOMENDACIONES	89
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	90

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Estaciones climáticas en la cuenca rio santanero.....	05
Tabla N° 02: Periodo de registro histórico de las precipitaciones	05
Tabla N° 03: Codificacion Pfafstetter.....	05
Tabla N° 04: Parámetros geomorfológicos de la cuenca del rio Chicama.....	07
Tabla N° 05: Inventarios aguas superficiales Manantiales ríos.....	07
Tabla N° 06: Inventarios aguas superficiales quebradas	08
Tabla N° 07: Inventarios de infraestructura Hidráulica Santanero.....	08
Tabla N° 08: Precipitaciones promedio mensuales	08
Tabla N° 09: Temperatura Media – Altitud estación San Benito	09
Tabla N° 10: Temperatura Máxima Mensual San Benito	09
Tabla N° 11: Temperatura Mínima Mensual San Benito.....	09
Tabla N° 12: Velocidad del viento.....	10
Tabla N° 13: Horas diarias de sol.....	10
Tabla N° 14: Precipitación área sub cuenca santanero	10
Tabla N° 15: Caudales máximos mínimos santanero	11
Tabla N° 16: Oferta de aguas superficiales	11
Tabla N° 17, 18, 19: Caudales de Retorno de la cuenca Santanero, Oferta Hídrica total de Santanero y Balance Hídrico de la cuenca del rio santanero.....	12
Tabla N° 21: Características de métodos comúnmente empleados para estabilidad....	53
Tabla N° 22: Población beneficiada, al construir la presa de materiales sultos sobre el rio Santanero, en la región Cajamarca.....	57
Tabla N° 23: Datos de altitud y área del vaso.....	61
Tabla N° 24: Calculo del volumen acumulado	62

Tabla N° 25: Curva altitud – volumen – área del vaso	62
Tabla N° 26: Curva altitud – área volumen	66
Tabla N° 27: Valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno en función de SPT	78
Tabla N° 28: Propiedades mecánicas de los estratos del subsuelo en la zona del eje de la presa	78
Tabla N° 29: Resultados presa de aguas arriba	86
Tabla N° 30: Presas aguas abajo	86

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Sub cuenca del rio santanero	12
Figura N° 02: División Sub cuenca del rio santanero.....	13
Figura N° 03: Mapa de Distritos que comprende Cuenca Rio Chicana.....	13
Figura N° 04: Red Hidrográfica de la Cuenca Rio Chicana.....	14
Figura N° 05: Presas Homogéneas.....	31
Figura N° 06: Presas Heterogéneas con Núcleo Ancho	34
Figura N° 07: Presas Heterogéneas con Núcleo Ancho	
Figura N° 07: Presas heterogéneas con núcleo delgado.....	35
Figura N° 08: Tipos de presas.....	36
Figura N° 09: Partes de una presa.....	38
Figura N° 10: Representación del sistema hidrológico	43
Figura N° 11: Influencia de la cuenca en el hidrograma	44
Figura N° 12: Tipos de falla del terraplén	47
Figura N° 13: Zonificación del coeficiente sísmico en el Perú.....	55
Figura N° 14: Diagrama ombrometrico cuenca santanero	59
Figura N° 15: Eje de la presa santanero.....	60
Figura N° 16: Curvas de nivel de presa.....	61
Figura N° 17: Volumen útil presa.....	67
Figura N° 18: Presa con medidas.....	70
Figura N° 19: Obra de toma de presa.....	71
Figura N° 20: Dimensiones de la presa a construir.....	75
Figura N° 21: Seccion transversal a analizar	77
Figura N° 22, 23: Analisis estatico.....	80

Figura N° 24, 25: Análisis pseudoestatico	81
Figura N° 26, 27: Análisis estático descarga rápida	82
Figura N° 28, 29: Análisis Pseudoestatico – descarga rapida.....	83
Figura N° 30, 31: Análisis estatico – Presa llena	84
Figura N° 32, 33: Análisis Pseudoestatico presa llena.....	85
Figura N° 34: Tipo de ´resa	87

I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

A. Descripción de la realidad problemática

a. Realidad problemática

“Desde la antigüedad las presas han consistido en proyectos de ingeniería muy importantes para el crecimiento de una comunidad, ya que la disponibilidad de agua aporta a su desarrollo de varias formas, motivo por el cual su estudio, diseño y seguridad son esenciales durante la construcción y posterior mantenimiento de estas grandes estructuras”. (Marsal, R. & Resendiz, D. 2017, p. 28)

“La escasez del recurso hídrico en el Distrito de Riego Chicama, en la cuenca alta del Rio Chicama en la Región Cajamarca, ha conducido a los usuarios y al propio estado a la búsqueda de fuentes de agua alternativas del recurso, siendo así que se han desarrollado importantes inversiones para incrementar la oferta de agua mediante el traslado de aguas procedentes de la cuenca del río Santa en lo que corresponde a la III Etapa del Proyecto especial CHAVIMOCHIC, el cual se encuentra actualmente como un proyecto, del mismo modo también se hace énfasis para la explotación de aguas subterráneas y aguas de recuperación”. (Ministerio de Agricultura. 2015, p. 20)

“Esta problemática hace evidente la necesidad del uso óptimo, racional y sostenible del recurso hídrico enmarcado en un enfoque integral, evaluando la disponibilidad, calidad y el uso de los recursos hídricos superficiales y subterráneos razón por la cual la Administración Técnica del distrito de riego Chicama y la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) del INRENA”. (INRENA 2018, p. 15).

“La necesidad de contar con una obra Presa de materiales sueltos sobre el rio Santanero en la Región Cajamarca, en razón que el agua que se observa en el rio Santanero en solamente durante los meses de Enero hasta Abril de cada año y como no existen presas construidas, el agua llega al rio Chicama y luego dicha agua llega al mar, perdiéndose la oportunidad de satisfacer

necesidades de consumo y para la agricultura en la subcuenta del Río Santanero y las ciudades que están en la cuenca media y cuenca baja del río Chicama, como son : San Benito, Guzmango, Santa Ana, Ascope, Chicama, Chocope, Magdalena de Cao y Santiago De Cao , con una población a beneficiarse de 71, 061 HABITANTES” (ANA.INEI. 2018, p. 42)

“El Ministerio de Agricultura y riego en los estudios de Hidrología de Aguas Subterráneas , Calidad de Aguas , Evaluación de Sistema de Riego, de la cuenca del río Chicama como parte de la componente de Hidrología y que nos proporcionara información procesada y evaluada del recurso hídrico para ser empleada en la distribución, diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas proyectadas como son: captación, conducción, obras de arte, regulación, excedencia, etc., así como el requerimiento de agua en cada uno de los sectores, con la finalidad de definir el abastecimiento del recurso hídrico en el sistema de riego de la cuenca”. (Ministerio de Agricultura. 2015, p. 12)

“Para ello deberá precisarse: la disponibilidad de agua, el requerimiento de agua para el plan agrícola (cédula de cultivo) que se plantea, los derechos de uso de agua de terceros, balance hídrico, características, de las avenidas y los periodos de sequía”. (INRENA. 2018, p.10).

“El agua es un recurso esencial para la vida humana y fundamental para todo desarrollo socioeconómico, así como, para preservar la salud de los ecosistemas. En los últimos dos decenios, se ha expresado una preocupación creciente por el aumento cada vez mayor de la demanda de este limitado recurso en los sectores agrícola, industrial y doméstico”. (Cepeda, L. 2017, p. 24)

“La escasez de agua, la contaminación, el suministro de agua potable en condiciones de seguridad y saneamiento adecuado, así como las tensiones entre los países que comparten fuentes de agua comunes, son problemas que irán en aumento a medida que crezca la población mundial. Por ello, incumbe a los gobiernos gestionar este recurso de manera sostenible para el bienestar económico y social”. (Guevara, E. y Cartaya, H. 2013, p. 26).

“El ciclo hidrológico gobierna caprichosamente la presencia del agua, que es decidida en cada momento por la latitud, la altura, la vegetación, la orografía, la temperatura y la influencia de los océanos, así como por el tiempo y las actividades humanas. El agua que precipita de la atmósfera, brota del suelo en manantiales, es ofrecida por deshielos en la alta montaña, fluye por cauces fluviales y se acumula en vasos naturales, se deposita en grandes reservorios subterráneos o se encuentra y se funde con el mar en las desembocaduras de ríos y de lagunas costeras”. (FAO. 2016, p. 26)

“Pero cuando la disponibilidad del agua es discontinua o intermitente o cuando su exceso es causa de desgracia en inundaciones y avenidas, deslizamientos de terreno, huaycos y sequías que han obligado a contar con esquemas de evaluación de los recursos hídricos adecuados y fiables para hacer frente a estos desafíos”. (Ministerio de Agricultura. 2015, p.36).

“La creciente demanda actual y futura de información sobre el agua y los conocimientos necesarios para el desarrollo sostenible, es indispensable conocer el comportamiento de las diversas variables que intervienen en el ciclo hidrológico (Precipitación, Evapotranspiración, caudal) a través del Balance hídrico superficial”. (Aliaga, A. 2016, p.16).

“En el Perú solamente, las lluvias causadas por el fenómeno El Niño costero que afecta al país desde mediados de enero, hicieron que actualmente más de 158.000 personas se encuentran damnificadas”. (Organización de las Naciones Unidas. 2018, p.35).

“Este tipo de crisis o de fenómenos ha puesto sobre la mesa la importancia de la prevención y de la gestión del riesgo, la necesidad urgente de la mitigación y la importancia de que las autoridades requieran compromisos no políticos sino humanitarios para poder ubicar a la población que está localizada en lugares críticos para que su vida no peligre. Pero también han hecho hincapié en que se tomen en consideración los medios de vida que estas personas necesitan para continuar dentro de sus hogares y comunidades”. (Organización de las Naciones Unidas .2018; p.40).

Ante esta problemática, es importante darle atención con estudios imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el río Santanero, en Cajamarca.; y contribuir a elevar la calidad de vida de los pobladores residente en la cuenca del Río Chicama y en especial las personas, fauna, flora de la sub cuenca del Río Santanero.

b. Delimitación del problema

“La cuenca del río Chicama, se encuentra ubicada dentro de las Regiones de La Libertad y Cajamarca, entre las coordenadas geográficas 7°21’ y 8°01’ de latitud sur y 78°16’ a 79°27’ de longitud oeste y, abarca una extensión de 6 012,2 Km²”. (Gómez Lora W. 2016, p. 46).

Subcuenca Río Santanero

“Se extiende desde el cerro del Angulo y Amanchaloc a un nivel de 3250 m.s.n.m. recorriendo por el río Santa Ana hasta la confluencia con el río San Benito; en las cercanías de la localidad El Algarrobal- a partir del cual se denomina río Santanero. Entrega sus aguas al río Chicama en su margen derecha cerca de la localidad de Hacienda Jaguay, a 400 m.s.n.m. Esta subcuenca presenta dos microcuencas importantes” (Gómez Lora W. 2016, p. 46)

Microcuenca del río San Benito

“Nace en las cercanías de la localidad de Culleros a 3400 m.s.n.m y su extensión es de 161.7Km².

Esta microcuenca no posee lagunas y cuenta con el aporte de los riachuelos El Palmo, Chichanon, Chinac, Yetón, Los Paltos y Los Chorros”. (Gómez Lora W. 2016, p. 46).

SUBCUENCA	Microcuencas/Riachuelo	Extensión (M2)	Área (%)
Santanero	Santa Ana	564.98	12.50
	San Benito		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°01: Estaciones climáticas en la cuenca rio Chicama

ID	TIPO	CODIGO	ESTACION	CUENCA	DISTRITO	PROVINCIA	REGION	ALTITUD	LONGITUD	LATITUD	OPER.
1	CO	000393	Asuncion	Jequetepeque	Asuncion	Cajamarca	Cajamarca	2194	78°30'55.8"	07°18'43.5"	Si
2	CO	153223	Cachachi	Crisnejas	Cachachi	Cajamarca	Cajamarca	3267	78°16'16"	07°27'27"	Si
3	PLU	153101	Callancas	Chicama	Charat	Otuzco	La Libertad	2074	78°29'29"	07°46'46"	Si
4	PLU	153221	Capachique	Chicama	Usquil	Otuzco	La Libertad	2750	78°19'01"	07°51'01"	No
5	CO	000345	Cartavio	Chicama	Santiago de Cao	Ascope	La Libertad	58	79°13'01"	07°53'01"	No
6	CO	000344	Casa Grande	Int_13773	Casa Grande	Ascope	La Libertad	139	79°11'01"	07°45'01"	No
7	CO	000355	Cascas	Chicama	Cascas	Gran Chimu	La Libertad	1700	78°50'01"	07°27'01"	No
8	CO	000354	Contumaza	Jequetepeque	Contumaza	Contumaza	Cajamarca	2610	78°49'49"	07°21'21"	Si
9	PLU	153216	Cospan	Chicama	Cospan	Cajamarca	Cajamarca	2227	78°32'01"	07°26'01"	Si
10	CO	000392	Magdalena	Jequetepeque	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1257	78°39'38"	07°15'15"	Si
11	PLU	154102	Quiruvilca	Moche	Quiruvilca	Santiago de Chuco	La Libertad	3980	78°19'01"	08°00'01"	Si
12	PLU	153201	San Benito	Chicama	San Benito	Contumaza	Cajamarca	1325	78°55'36"	07°25'41"	Si
13	CO	150700	Sayapullo	Chicama	Cospan	Cajamarca	Cajamarca	3432	78°27'01"	07°25'01"	No
14	PLU	153206	Sinsicap	Moche	Sinsicap	Otuzco	La Libertad	2269	78°45'18.2"	07°51'1.1"	Si

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI.

Tabla N°02: Periodo de registro histórico de las precipitaciones

Nro	Estación	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11										
1	Asuncion																																																										
2	Cachachi																																																										
3	Callancas																																																										
4	Capachique																																																										
5	Cartavio																																																										
6	Casa Grande																																																										
7	Cascas																																																										
8	Contumaza																																																										
9	Cospan																																																										
10	Magdalena																																																										
11	Quiruvilca																																																										
12	San Benito																																																										
13	Sayapullo																																																										
14	Sinsicap																																																										

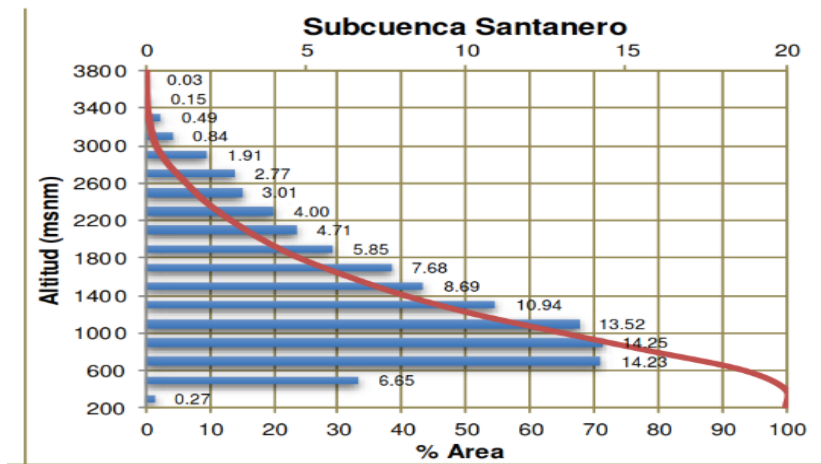
Registro con mas de 3 meses completos
 Registro con 6 meses completos

Tabla N° 03: Codificación Pfafstetter:

Cuenca	Codificación Pfafstetter	Extensión (Km2)	Subcuenca o Intercuenca	Codificación Pfafstetter	Extensión (Km2)	Area (%)
Cuenca del río Chicama	13772	4518.04	Subcuenca Bajo	137721.00	857.18	14.19
			Subcuenca Río Quirripango	137722.00	327.67	5.42
			Subcuenca Medio Bajo	137723.00	51.73	0.86
			Subcuenca Río Santanero	137724.00	564.98	9.35
			Subcuenca Medio	137725.00	135.01	2.23
			Subcuenca Río Ochape	137726.00	215.30	3.56
			Subcuenca Medio Alto	137727.00	270.38	4.48
			Subcuenca Chuquillanqui	137728.00	910.71	15.07
Intercuencas	13771	390.81	Intercuenca 1	137719.00	390.81	6.47
	13773	1133.02	Intercuenca 2	13773.00	1133.02	18.75
Total		6041.87	Total		6041.87	100.00

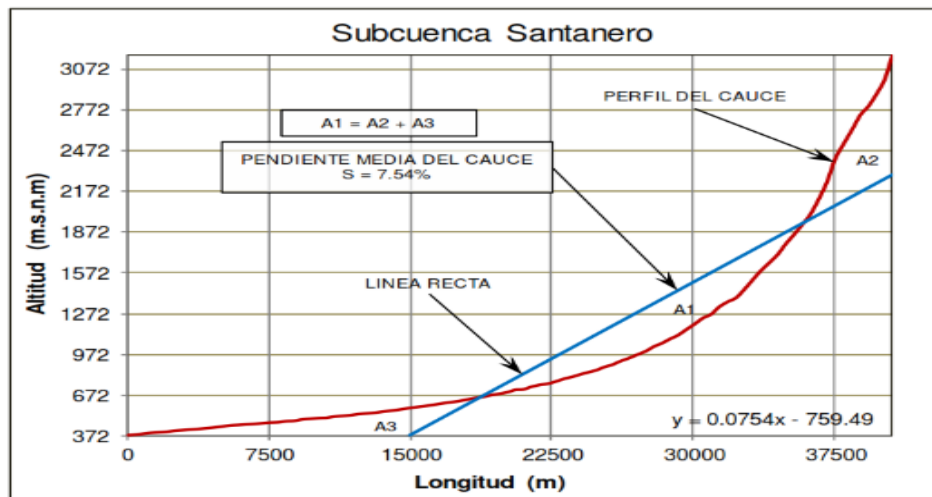
Fuente: SENAMHI

Grafico N° 01: Curva hipsométrica y de frecuencia de altitudes



Fuente: SENAMHI

Grafico N° 02: pendiente del cauce principal



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 04: Parámetros geomorfológicos de la cuenca rio Chicama y sub cuencas.

PARÁMETROS	UND	NOMENCLATURA Y/O FORMULACIÓN	C U E N C A							
			CHICAMA	HUANCAY	CHUQUILLANG	OCHAPE	SANTANERO	QUIRRIPANO		
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca	Km ²	A	4518.04	1185.08	910.65	215.30	564.97	327.67	
	Perímetro	Km	P	427.19	194.22	147.43	77.47	110.97	86.77	
	Índice de compacidad		$Kc = 0.28 P / A^{1/2}$	1.78	1.58	1.37	1.48	1.31	1.34	
	Factor de forma de la cuenca		$Kf = A/Lc^2$	0.13	0.17	0.27	0.21	0.32	0.29	
Rectángulo Equivalente	Lado Mayor	Km	$L = Kc * Raiz(A) * (1 + raiz(1 - (1.12/Kc)^2)) / 1.12$	189.79	82.80	58.02	32.01	42.05	33.65	
	Lado Menor	Km	$l = Kc * Raiz(A) * (1 - raiz(1 - (1.12/Kc)^2)) / 1.12$	23.81	14.31	15.70	6.73	13.44	9.74	
Cotas de la cuenca	Cota Máxima	msnm	Cmax	4286.00	4276.00	4266.00	4286.00	3694.00	4271.00	
	Cota Mínima	msnm	Cmin	0.00	692.00	692.00	525.00	372.00	331.00	
Desnivel total de la cuenca	Km	Ht = Cmax - Cmin	4.29	3.58	3.57	3.76	3.32	3.94		
Altura media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	1232.52	2613.39	2558.29	2336.45	1219.54	1635.78		
Altitud mas frecuente	m.s.n.m.	Hf	000-200	2200-2400	2600-2800	2600-2800	800-1000	800-1000		
Pendiente de la cuenca método del Rectángulo Equivalente	%	$Sm = 100 * Ht / B$	2.26	4.33	6.16	11.75	7.90	11.71		
Pendiente de la cuenca determinada en SIG	%	Sm	27.86	31.26	32.06	35.13	29.47	34.58		
Pendiente del cauce principal - método uniforme	%	Sc	2.40	4.73	6.53	11.52	8.19	10.20		
Pendiente del cauce principal - método compensación de áreas	%	Sc	1.78	4.54	6.28	12.55	7.54	10.27		
PARAMETROS DE DRENAJE	Longitud del cauce principal	Km.	Lr	178.23	75.71	54.70	32.64	40.56	38.62	
	ORDEN DE RAMIFICACIÓN	Longitud total	Km.	Orden 1	1524.80	332.00	284.40	53.00	206.35	121.61
			Km.	Orden 2	809.71	158.00	153.61	19.00	121.63	47.81
			Km.	Orden 3	434.46	85.00	76.70	32.00	42.46	27.71
			Km.	Orden 4	144.61	32.00	32.43	1.00	26.57	21.52
			Km.	Orden 5	97.79	54.00	27.26	----	19.27	----
			Km.	Orden 6	87.65	----	----	----	----	----
	NUMERO DE RIOS	Tramos para los diferentes grados de ramificación	N° Orden 1	1269.00	351.14	246.00	62.83	159.00	97.00	
			N° Orden 2	609.00	194.74	119.00	28.78	82.00	48.00	
			N° Orden 3	329.00	106.43	66.00	42.13	31.00	26.00	
			N° Orden 4	118.00	29.55	27.00	2.89	18.00	21.00	
			N° Orden 5	106.00	50.68	31.00	----	25.00	----	
			N° Orden 6	82.00	----	----	----	----	----	
	Longitud total de rios por unidad hidrográfica	Km.	Lt	3099.03	661.00	574.39	105.00	416.29	218.65	
	Número total de rios por unidad hidrográfica		Nc	2513.00	732.54	489.00	136.43	315.00	192.00	
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	$Dd = Lt / A$	0.69	0.56	0.63	0.49	0.74	0.67	
	Densidad de corriente		$Dc = Nc / A$	0.56	0.62	0.54	0.63	0.56	0.59	
Relación de bifurcación		$Rb = On / (On + 1)$	2.08	1.80	2.07	2.18	1.94	2.02		
Extensión media del escurrimiento	Km.	$Es = A / 4Lt$	0.36	0.45	0.40	0.51	0.34	0.37		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 05: Inventario agua superficial- Manantiales-ríos.

Cuenca	nombre fuente	código	caudal m3/s
SANTANERO	Jadon	CHMAN 173	0.98

Fuente: ANA Huarmey Chicama

Tabla N° 06: Inventario agua superficial- Quebradas

Cuenca	nombre fuente	Codigo	Caudal m3/s	Nombre de fuente	Codigo	Caudal (m3/s)	Nombre de Fuente	Codigo	caudal (m3/s)
SANTA NERO	El Espino	CHQDA221	2.00	Quesera	CHQDA243	2.20	La Tranca	CHQDA189	0.40
	Lucma Pampa	CHQDA226	1.50	Taral	CHQDA244	1.25	Guzmango	CHQDA222	2.50
	Membri llar	CHQDA227	7.50	Chapolan	CHQDA220	1.50	Honda	CHQDA060	1.20

Fuente: ANA Huarmey Chicama

Tabla N° 07: Inventario de Infraestructura Hidráulica- Santanero:

En la Subcuenca Santanero, se tiene un total de 7 canales de derivación, con un total de 367 beneficiarios y 269 hectáreas bajo riego en las cuales se produce en la actualidad diferentes cultivos como arroz, maíz, uva, entre otros. Con un caudal total de 308.72 m³/s.

Sub cuenca	Comisión de Usuarios	Canales de derivacion	Canales Laterales	Bocatomas	Medidor	Drenes
Chuquillanqui		37	-	-	-	-
Huancay		111	-	18	-	-
Ochape		27	-	-	-	-
Quiripano		73	-	-	-	-
Santanero		7	-	-	-	-
Media		20	-	-	-	-
Baja						
	Ascope	4	128	4	5	-
	La pampa	3	92	-	-	6
	Mag. Cao	3	117	3	-	-
	Paijan	1	168	1	-	-
	Santiago Cao	3	111	3	-	-
	Sausal	6	38	6	-	-
Total:		295	654	35	5	6

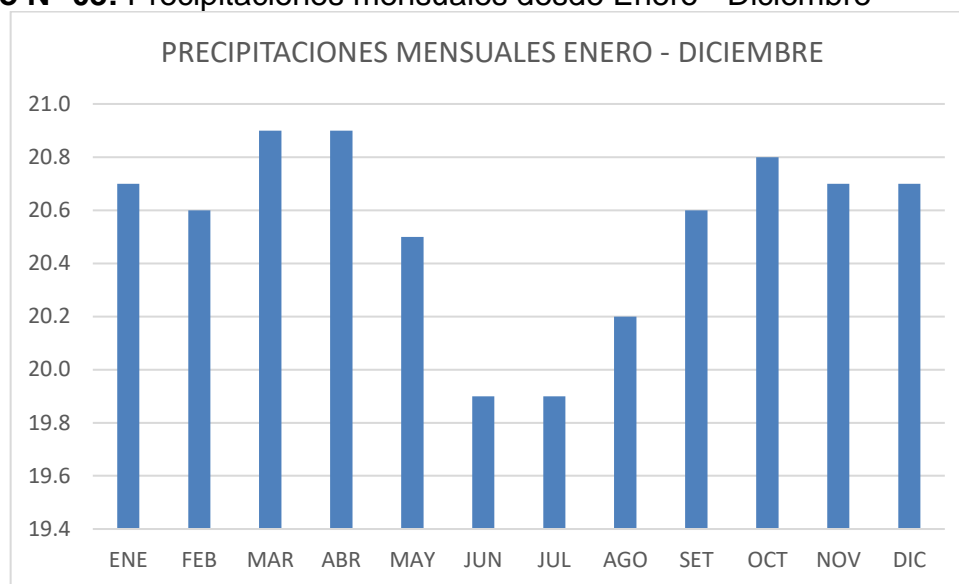
Fuente: Autoridad Administrativa del Agua Huarmey - Chicama

Tabla N°08: Precipitaciones promedio mensuales estación SAN BENITO (MM)

ESTACION	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SAN BENITO	1325.0	64.1	109.5	147.4	53.5	10.2	2.7	0.9	1.4	4.1	9.4	8.1	18.9	430.1

Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Grafico N° 03: Precipitaciones mensuales desde Enero - Diciembre



Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 09: Temperatura Media-Altitud

ESTACION	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SAN BENITO	1325.0	20.7	20.6	20.9	20.9	20.5	19.9	19.9	20.2	20.6	20.8	20.7	20.7	20.5

Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 10: Temperatura Máxima Mensual

ESTACION	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
SAN BENITO	1325.0	24.8	24.3	24.8	25.4	25.4	24.8	25.0	25.3	25.6	25.5	25.3	25.2	25.1

Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 11: Temperatura Mínima Mensual.

ESTACION	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
SAN BENITO	1325.0	16.4	16.8	17.1	16.3	15.3	14.8	14.7	15.2	15.4	15.8	16.1	16.1	15.8

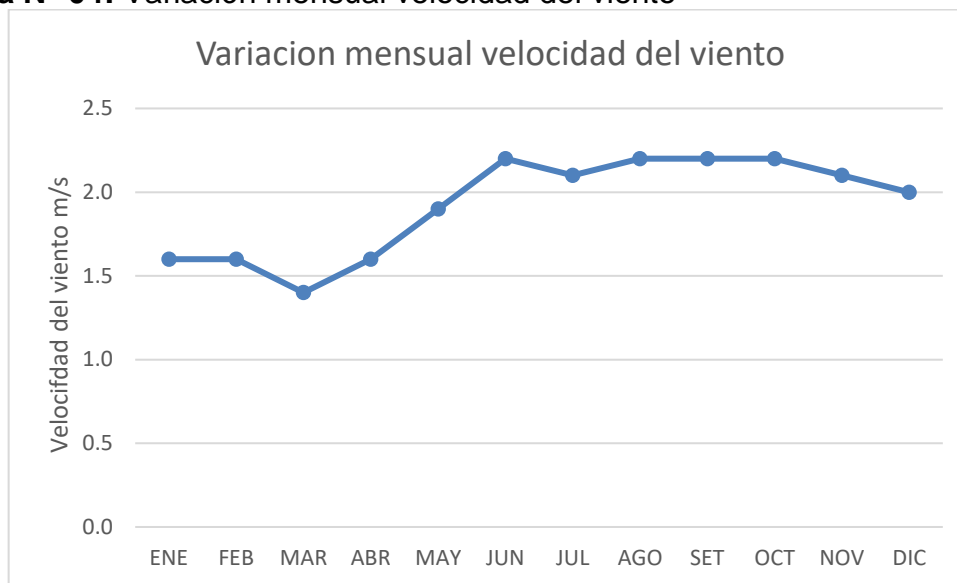
Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 12: Velocidad del Viento m/s

ESTACION	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
SAN BENITO	1325.0	1.6	1.6	1.4	1.6	1.9	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	1.9

Fuente: SENAMHI

Grafica N° 04: Variación mensual velocidad del viento



Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 13: Horas diarias de sol (hr/día)

ESTACION	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
SAN BENITO	1325.0	3.7	2.8	3.0	4.3	6.2	7.7	8.0	8.8	8.0	6.4	6.1	5.0	5.8

Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 14: Precipitación área sub cuenca santanero

SUB CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SANTANERO	47.6	79.9	108.3	39.8	7.8	2.2	0.7	1.1	3.3	8.3	7.0	15.1	321.1

Fuente: SENAMHI
Elaboración propia

Tabla N° 15: Caudales Máximos mínimos Santanero (m3/s)

ESTACION	caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
santanero	Promedio	1.18	2.89	6.24	2.54	0.61	0.16	0.06	0.04	0.03	0.06	0.06	0.11
	Maximo	45.48	71.28	75.08	59.06	16.07	3.08	0.56	0.34	0.33	1.23	1.18	3.23
	Minimo	0.01	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Autoridad Nacional del Agua
Elaboración propia

Tabla N° 16: Oferta de aguas superficiales

CUENCA	Und	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
santanero	MMC	3.29	7.16	16.93	6.77	1.71	0.44	0.19	0.11	0.10	0.19	0.18	0.35
	m3/s	1.23	2.96	6.32	2.61	0.64	0.17	0.07	0.04	0.04	0.07	0.07	0.13

Fuente: Autoridad Nacional del Agua
Elaboración propia

Tabla N° 17: Caudales de Retorno estima por la cuenca SANTANERO

CUENCA	Und	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
santanero	MMC	0.09	0.08	0.09	0.09	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.06	0.08
	m3/s	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03

Fuente: Autoridad Nacional del Agua
Elaboración propia

Tabla N° 18: Oferta Hídrica Total SANTANERO

la suma de la oferta hídrica que ofrece la subcuenca y las aguas de retorno que se presentan en los bloques de riego.

CUENCA	Tipo de Oferta	Und	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	total
santanero	Superficial	MMC	3.29	7.16	16.93	6.77	1.71	0.44	0.19	0.11	0.10	0.19	0.18	0.35	37.42
	Recuperación	MMC	0.09	0.08	0.09	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.06	0.08	0.76
	Total Mensual	MMC	3.38	7.24	17.02	6.86	1.77	0.49	0.23	0.16	0.14	0.22	0.24	0.43	38.18
		m3/s	1.26	2.99	6.35	2.65	0.66	0.19	0.09	0.06	0.05	0.08	0.09	0.16	1.22

Fuente: Autoridad Nacional del Agua
Elaboración propia

Tabla N° 19: Balance Hídrico: La oferta hídrica proviene de aguas superficiales (ríos y quebradas) demanda no satisfecha se debe incorporar nuevas fuentes de agua como una presa de tierra porque las demandas futuras se incrementarán.

DESCRIPCION		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
BALANCE HIDRICO	Oferta Vol 75% persist	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	Demanda uso poblacional	2.5	2.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	Demanda uso agricola (con actual area bajo riego)	1.9	1.9	1.9	1.9	2.2	2.2	3.0	3.5	3.2	3.2	3.2	3.2
	Demanda productivo	3.29	7.16	16.93	6.77	1.71	0.44	0.19	0.11	0.10	0.19	0.18	0.35
	Balance hidrico	1.23	2.96	6.32	2.61	0.64	0.17	0.07	0.04	0.04	0.07	0.07	0.13

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

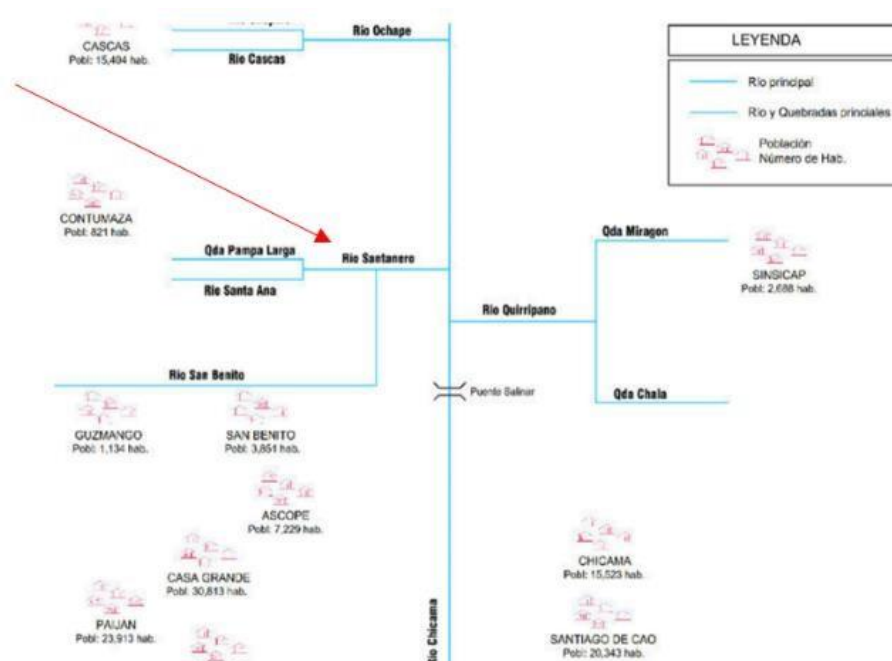
Elaboración propia

Microcuenca del río Santa Ana

“Conforma el cauce principal de la subcuenca del río Santa Ana y cuenta con una extensión de 180.3Km². Al igual que la microcuenca de San Benito no cuenta con lagunas y sus principales aportes provienen de los riachuelos Membrillar, Chapotan, Huandamarca, Huayaba, Honda, Llapalen y Pampa Larga”. (Gómez Lora W. 2016, p. 46)

Figura N° 01

Subcuenca del Rio Santanero



Fuente: SENAMHI. 2016

Figura N° 02.

División en subcuencas de la cuenca del río Chicama e Intercuencas

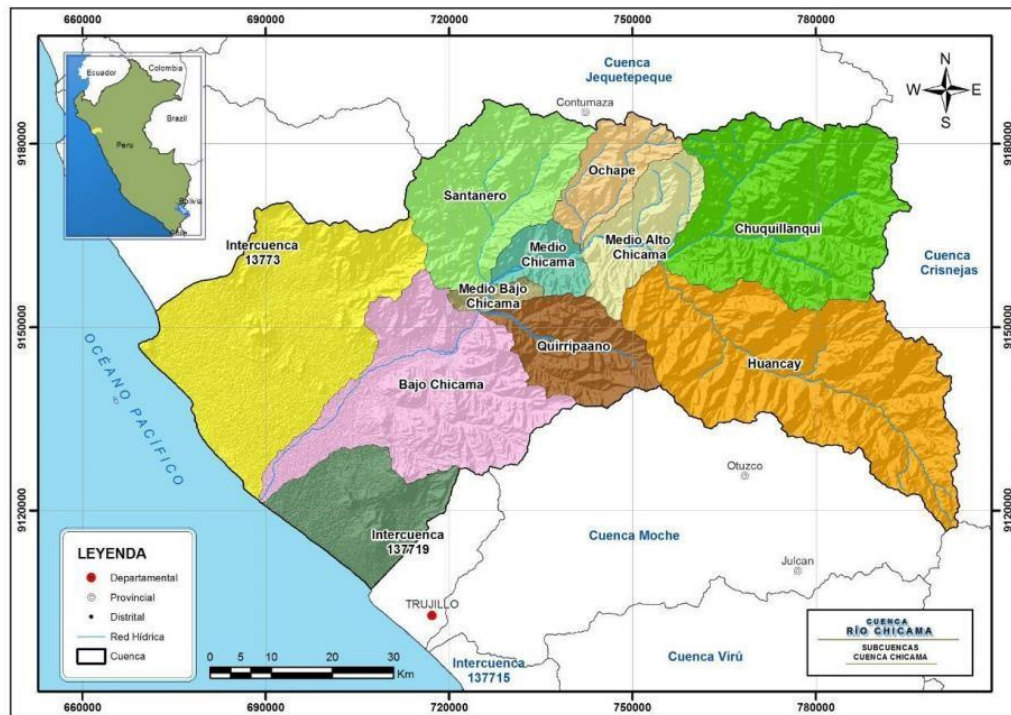
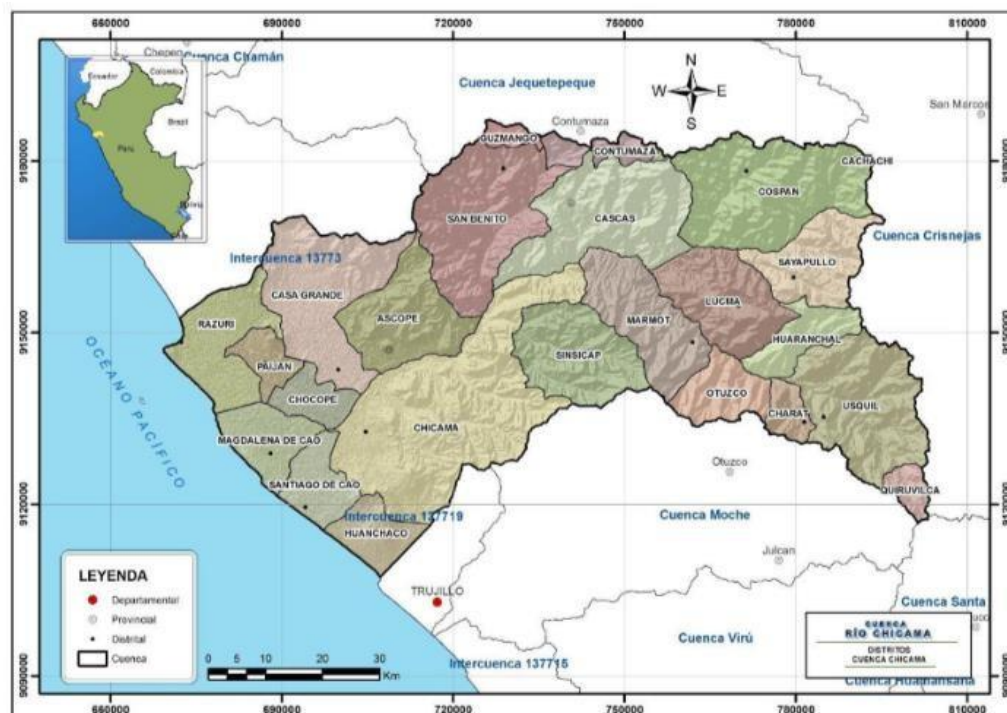


Figura N° 03.

Mapa de Distritos que comprende la Cuenca del Río Chicama



producto de precipitaciones solamente existe en la zona durante los meses de enero, febrero, marzo y abril de todos los años y termina en el mar, sin ningún aprovechamiento.

- El agua del Rio Santanero, producto de precipitaciones en la subcuenca alta, en razón que no existe obras de almacenamiento o presas, no se retiene dicha agua y se pierde llegando al mar.
- En la subcuenca del rio Santanero no existe obras de embalse como presas, para que se pueda almacenar el agua producto de precipitación de todos los años y durante los meses desde enero hasta abril, cuya agua pluvial llega al rio Chicama y luego llega al mar, perdiéndose la oportunidad de contar con dicha agua para el consumo y agricultura en la sub cuenca del rio Santanero.
- Falta de agua, falta de información del balance hídrico, precipitación, escorrentía y caudales de crecientes en la Subcuenca del rio Santanero.
- Falta de estudios hidráulicos, estabilidad, Filtración para la posterior construcción de una presa en el rio Santanero en Cajamarca.
- Instituciones como el Senamhi y ANA, predicen estos fenómenos, pero no los ejecutan. Solo pasan los datos a otras instituciones, las cuales no cuentan con lo necesario para ejecutarlo.
- Cambio climático constante en el territorio nacional.
- Las recientes pérdidas de aguas hacia el mar por abundantes precipitaciones, han demostrado el poco interés de las autoridades en hacer proyectos para la construcción de presas, siendo de gran importancia para almacenar el agua de lluvia.
- Falta de cumplimiento en la elaboración de proyectos de presas de almacenamiento, es la poca capacitación de los funcionarios públicos en este tema.
- La falta de ejecución de obras de almacenamiento (Presas), para agua superficial, producto de fuertes precipitaciones en la cuenca alta del Rio Chicama durante los meses de enero a marzo; lo que permite que dicha agua llegue al mar y no se aproveche en la agricultura. Ni en el consumo, siendo más aun la zona en estudio, agrícola
- La Autoridad Nacional del Agua (ANA) ya advirtió y ahora toca que los alcaldes hagan cumplir la ley para que no se ocupen estos territorios, pero

lamentablemente en muchos casos, por ganarse simpatías, los alcaldes lo permiten.

- El sistema de riesgos no está implementado, por falta de interés por parte del estado, ya que cada gestión prioriza a su manera.

e. Alcance

Luego de obtener los resultados del presente estudio servirá para:

- Realizar los Estudios hidráulicos, de estabilidad, para la posterior construcción de una presa el río Santanero en Cajamarca.
- Determinar el Volumen y altura de la presa.
- Determinar el NAMO; NAME; NAMIN.
- Determinar el volumen muerto de la presa.
- Análisis estático y pseudoestático de la presa.
- Realizar el pre diseño de la presa.

f. Aporte

En los estudios imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos; se evaluará las condiciones hidrológicas y meteorológicas de la cuenca del río Chicama, sub cuenca del Río Santanero que recibe aguas de las quebradas Pampa larga, Río Santa Ana y el Río San Benito; con el fin de conocer su comportamiento y caracterizar cada una de las variables del ciclo hidrológico, dado que solamente existe agua en los meses de enero a marzo.

Bajo este contexto, este estudio de investigación permitirá ayudar a tomar decisiones e iniciar otras investigaciones que promuevan la conservación de la cantidad de agua de esta Subcuenca, para sostenibilidad del recurso. Así mismo se cuenta con el asesoramiento adecuado para la presente investigación.

g. Viabilidad de la investigación

Se cuenta con la disponibilidad de una metodología y herramientas que permita realizar el trabajo de investigación “Estudios imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el río Santanero, en la Región Cajamarca”.

Bajo este contexto, este estudio de investigación permitirá ayudar a tomar decisiones e iniciar otras investigaciones que promuevan la construcción de presas en ríos de la cuenca del Rio Chicama y evitar que todos los años se pierda el agua producto de precipitación en la cuenca alta y terminen en el mar y no existiendo obras de embalse que permita incrementar la productividad agrícola y elevar la calidad de vida de los habitantes de la zona de estudio.

Así mismo se cuenta con el asesoramiento adecuado para la presente investigación.

B. Formulación del problema

¿Cuáles son los estudios imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el rio Santanero en la Región de Cajamarca?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar los estudios imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el rio Santanero en la Región de Cajamarca.

1.2. Objetivos específicos

- Ubicación del eje de la presa de materiales sueltos.
- Realizar diseño geométrico de la presa.
- Calcular el diseño del cuerpo de la presa.
- Calcular volumen, volumen muerto, altura de la presa
- Calcular, NAN; NAME, borde libre, corona de la presa.
- Análisis estático, análisis pseudoestático de la presa.

1.3. Justificación del estudio

“Este proyecto se justifica por que el problema global que se quiere resolver es el escaso recurso hídrico y no hay desarrollo de la región a través de una mayor estabilidad hidráulica de la cuenca del Rio Chicama, subcuenca del Rio Santanero. Dicha subcuenca está inmersa en continuas sequías, agravadas por el cambio climático y solamente existe agua; producto de precipitación durante los meses de enero a marzo de cada año”. (INRENA, 2018, p. 45).

“Los fenómenos naturales de sequía son incontrolables, pero es posible reducir el déficit con una estructura de almacenamiento. Además, el desarrollo de la región depende fuertemente de la agricultura, la cual es poco productiva por la escasez de agua actual en la zona”. (ANA. 2018, p. 48)

“Los estudios imprescindibles, para la posterior construcción de la presa de materiales sueltos sobre el Rio Santanero; llevaría a una tensión hídrica menor que, unida a un cambio en el tipo de cultivos, provocaría una mayor productividad y un desarrollo económico y social. Si no se actúa, la región seguirá estancada económicamente y social como está en las últimas décadas”. (ANA. 2018, p. 60).

“Una vez realizado este proceso, se determinará el Balance Hídrico Superficial de la cuenca, que nos permitirá conocer la disponibilidad del

recurso hídrico durante todos los meses del año, así como su uso y distribución en la zona de estudio”. (ANA. 2018, p. 80).

Según ANA (2018) “Dicho balance, nos permitirá conocer y planificar un adecuado manejo a nivel espacial y temporal del agua superficial, así como en qué forma y medida es actualmente usada, lo que a su vez requiere de la integración de las diferentes instituciones relacionadas con el manejo del agua”. (p. 84)

Uno de los principales objetivos en la ejecución de este proyecto es realizar los estudios imprescindibles para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el Rio Santanero, como: Determinar el volumen y altura de presa; determinar los niveles NAMO, NAME; NAMIN, volumen muerto de la presa, análisis de estabilidad, análisis de filtraciones, análisis para la presión de poros, dimensionar las obras de desagüe.

Es por ello, que realizar los estudios imprescindibles para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el Rio Santanero, en la Región Cajamarca, se justifica ya que es un elemento base para la planificación hídrica y elevar el nivel de vida de las poblaciones asentadas en la cuenca del río Chicama, sub cuenca del rio Santanero, dado que solamente existe agua de precipitación durante los meses de enero a marzo y se pierde por que el agua llega a parar al mar.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Nacionales

“Pérez P. (2018). Realizo una investigación: ESTUDIO HIDRÁULICO Y DE ESTABILIDAD DE UNA PRESA DE MATERIALES SUELTOS SOBRE EL RÍO CALLAZAS EN LA REGIÓN DE TACNA”

RESUMEN:

“Se propuso como objetivo el diseño hidráulico y de estabilidad del propio cuerpo de la presa de materiales sueltos a partir de los datos preliminares para lo cual se desarrolló mediante la metodología de investigación, llegando a las siguientes conclusiones”:

- “Si existen canteras naturales con materiales idóneos para resistir esfuerzos y para impermeabilizar, las presas de materiales sueltos son las mejores. Si no hubiesen existido estas canteras, una presa con pantalla de concreto hubiera sido una opción más viable económicamente hablando. Además, el subsuelo del nuevo eje podía proveer una mayor estabilidad. Sin embargo, se debe explicar que para la construcción de estas pantallas es usual la técnica de encofrado deslizante, la cual no está muy desarrollada en Perú, por lo que los equipos y la cualificación del personal iría contra los intereses económicos”.
- “Los cálculos de estabilidad por Equilibrio Límite dan buenos resultados para comprobar los Factores de seguridad, de una forma mucho más sencilla que la usada por Elementos Finitos. Sin embargo, nunca deben ser usados para calcular las tensiones y asentamientos. Por ello nunca se calcularon estos últimos parámetros”.
- “Las presiones intersticiales de los materiales no sólo dependen de la permeabilidad de las zonas. Existe un parámetro denominado succión que influye de manera significativa en la trayectoria de las filtraciones y las presiones del agua. Un error en la consideración de este dato estaba dando resultados irreales, mostrando que el agua se elevaba por encima del núcleo. Era obvio que algo estaba mal en el modelo porque el agua nunca va a subir capilarmente por una capa de grava limpia. El problema

era que en un principio se desconocía dónde incorporar esa influencia en el software usado”.

- “Las filtraciones, tanto a través del cuerpo de la presa como a través del subsuelo, son escasas. Esto se debe a la baja permeabilidad del núcleo y del primer estrato de la cimentación. Debido a este motivo, la única mejora considerada para la cimentación es la realización de pozos de drenaje aguas abajo que filtren las posibles filtraciones que existan bajo ese estrato impermeable. Si no se realizase, podría comprometer la estabilidad de la infraestructura a largo plazo, con una falla desde aguas abajo hacia aguas arriba”.
- “Respecto al comportamiento hidráulico, se puede comprobar que el aliviadero en canal lateral es una buena solución para presas de materiales sueltos en valles estrechos. Además, al ser un caudal muy bajo se pudo usar la solución de la rápida con bloques de impacto para evitar daños en las laderas del valle aguas abajo”.

COMENTARIO: “Las normas y recomendaciones internacionales, como las del USBR, recomiendan taludes de 2H:1V para ese tipo de presa. Por eso se comenzó el análisis con esos taludes tanto aguas arriba como aguas abajo. Sin embargo, se comprobó que en zonas sísmicas como la de la presa se debe tender más los taludes, al menos el de aguas arriba. Este talud es más susceptible de falla en estas zonas debido a la combinación de sismo con desembalse rápido, situaciones hipotéticas que no son tan raras en embalses similares al del trabajo realizado”.

“Benítez Enrique B. (2012). Realizo una investigación: CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE MATERIALES SUELTOS EN LA REGIÓN DE AREQUIPA”.

RESUMEN:

“Se propuso como objetivo de aumentar la oferta hídrica destinada al riego para lo cual se desarrolló mediante la metodología de investigación descriptiva, llegando a los siguientes resultados”:

- “Con una correcta programación se podría haber eliminado una gran variedad de tipos de pérdidas que se generan simplemente ya sea porque se esperó un tiempo demás o porque las cosas estuvieron listas antes de ser necesarias teniendo que ser almacenadas, cuidar de estas o simplemente pagar por el tiempo de espera. Por ejemplo, en la presa en el momento que se pidió la geomembrana y el geotextil fue mucho antes de ser necesitados por lo que género que se tenga que crear una zona de almacenamiento para los rollos los cuales no podían estar desprotegidos para que no se deterioren y tampoco para que se tenga un riesgo de robo, ya que estos tienen un alto valor monetario. Tener a alguien vigilando y crear un nuevo ambiente para almacenar estos rollos es un costo que se convierte en pérdida”.
- “En nuestro caso el especialista el dispuso de su tiempo y lo hizo en la manera que él creía era la mejor forma, pero ahí está nuestro error como ingenieros que el tiempo y la programación de cómo se tienen que hacer las cosas las tenemos que imponer nosotros a los trabajadores y no dejar que ellos nos impongan sus procedimientos porque toda una vida lo han hecho así. En nuestro caso el especialista convenció al residente de que su forma era la mejor y no la de la programación”.
- “El Lookahead es también muy importante para poder anticipar que es lo que va a ocurrir con nuestra construcción, en lo que más nos va a ayudar este tipo de programación es que vamos a poder anticipar las restricciones que tenemos en algún proceso así los responsables puedan levantarlas y no se tengan pérdidas en tiempos”.

COMENTARIO: “El tren de trabajo que se aplica a cualquier tipo de proceso constructivo genera un ahorro de tiempo muy significativo sin la necesidad de

cambiar algo en el proceso, solo se acoplan sus rendimientos como para que funcionen en perfecta coordinación. Si se hubiese aplicado esta técnica en la represa en varios procesos como por ejemplo la instalación de la geomembrana, se hubiese ahorrado una gran cantidad de días, pero para esta colocación y para emplear estos métodos se tiene que convencer al especialista (el soldador de geomembrana), que esto funciona y que va a rendir frutos”.

“Ángeles, A. & Álvarez B. (2014). Realizaron una investigación: ADAPTACIÓN DEL PLANEAMIENTO DE UNA PRESA DE ENROCADO CON CARA DE CONCRETO SEGÚN CONDICIONES REALES DE OBRA”.

RESUMEN:

“Se propuso como objetivos de la presente tesis consisten en identificar las interferencias y cuantificar las pérdidas de producción que se dan debido a ellas y que surgen durante la ejecución del relleno de una presa de enrocado y, además, proponer un planeamiento de necesidad de materiales según las nuevas condiciones de obra para lo cual se desarrolló mediante la metodología de investigación descriptiva, llegando a los siguientes resultados”:

- “El buscar adelantar la fecha de culminación del proyecto adelantando los trabajos del desvío del río afectó en gran medida al planeamiento específico de los servicios de la presa, esto debido a que no se prestó la atención debida a trabajos menores pero muy importantes, como son los accesos. Estos determinan el inicio de las excavaciones obligatorias y una mejor explotación de las canteras. Cuando se dispuso el comienzo de relleno, los accesos simplemente no estaban listos. Así que, su ejecución, al mismo tiempo que el del relleno de presa, iba a incurrir en interferencias, pues la ubicación de los mismos influye directamente al paso de los volquetes y, al no poder comenzar las excavaciones obligatorias, se perdió gran cantidad de material que no pudo ser explotado”.
- “La falta de estudios más completos de las canteras y materiales disponibles, en la fase de inicial del proyecto, llevó a un cálculo errado de los volúmenes aprovechables para el relleno de presa. Se tuvo, a lo

largo de los meses de estudio, escasez de material por falta de área de explotación en las canteras. Esto, sumando a la clausura de la cantera 18 por temas de seguridad y sin la posibilidad de contar con el material proveniente de las excavaciones obligatorias, hicieron imposible llegar a cumplir las metas propuestas mensualmente. Además, a raíz de la falta de estudios, se observó que las canteras podían proveer de materiales que no estaban previstos en el planeamiento inicial, como se puede apreciar, por ejemplo, en la Tabla 5.8, causando sobrexplotaciones de las canteras que podrían haber comprometido su rendimiento futuro”.

- “Las épocas de altas precipitaciones afectan los trabajos de extracción de material pues hace más riesgosa la maniobrabilidad de la maquinaria. Sin embargo, al no tener un rendimiento diario constante por falta de material, no se pudo llegar a una conclusión sobre cuánto varía la producción en épocas de avenidas y de bajas precipitaciones. Coincidió que, durante la época de bajas precipitaciones los accesos estaban en mejor estado y más completos y las canteras habían sido ampliadas”.
- “La seguridad es un factor fundamental en todo tipo de obra de ingeniería, en este caso en la excavación a tajo abierto, de tal forma que se llegó a cancelar las labores en la Cantera 18 debido a accidentes que acontecieron durante su explotación. Nada justifica arriesgar la vida del personal en trabajos riesgosos.

“Chalan Chavez, Anderson M. & Guevara Paredes, Kevin E. (2014). Realizaron una investigación: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LA PRESA GARRAPÓN DEL CENTRO POBLADO GARRAPÓN - ASCOPE - LA LIBERTAD”. Llegaron a las siguientes conclusiones:

- la Estabilidad de los Taludes para la Presa Garrapón N° 1 en condiciones estáticas y condiciones sísmicas, al final de la construcción y al nivel de agua estacionario en el embalse, tienen factores de seguridad mayores que los factores de seguridad mínimos prescritos, lo que quiere decir que los criterios de estabilidad establecidos se han cumplido.

- -De los Estudios Básicos de Mecánica de Suelos se concluye que en la Presa Garrapón existe un material de fundación de suelo limoso con intercalaciones de material gravas pobremente graduadas, por lo que la fundación de la Presa debe de llegar hasta la roca y considerar inyecciones hasta la roca sana.
- La topografía del embalse es de tipo ondulada con relieves accidentados con provistos de fuertes pendientes.

COMENTARIO: Las presas de tierra son las más utilizadas ya que son las menos costosas y pueden construirse con suelos naturales existentes en la zona sin procesamiento o con un procesamiento mínimo, y pueden ser elevadas y reparadas en el futuro en caso de sufrir daños porque las pendientes de los taludes son diseñados para garantizar la estabilidad bajo cualquier condición de servicio y soportar cualquier movimiento de tierra. Los taludes de las presas dependen generalmente de las características de los materiales de construcción, de las condiciones de la fundación, de la altura de la presa y ocasionalmente de la altura del valle.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

“Beltran, T. & Vintimilla S. (2018). Realizaron una investigación: ESTUDIO DE LA INSTRUMENTACIÓN A UTILIZAR EN LAS PRESAS DE TIERRA DEL PROYECTO PACALORI”.

RESUMEN:

“Se propuso como objetivo definir la instrumentación necesaria para la presa de tierra Lechugal 2, y que sirva de metodología en el diseño de instrumentación en las presas del proyecto PACALORI para lo cual se desarrolló mediante la metodología de investigación, llegando a los siguientes resultados”:

- “Se instalarán 29 piezómetros abiertos tipo Casagrande, porque no se necesita conocer la presión de poros al final de construcción de la presa, sino medir y controlar la ubicación de la LCS cuando la presa se encuentre en operación. Una vez ubicada esta zona, los piezómetros revelarán si la presión está aumentando, por lo tanto, la LCS sube y este efecto pone en riesgo la estabilidad del talud aguas abajo en la etapa de operación”.
- “La localización de los piezómetros se estableció, según las necesidades de monitoreo, en los lugares críticos de la presa, así como también en la facilidad o acceso a la instalación de estos aparatos. Estas zonas, como la corona y bermas, proporcionan las condiciones adecuadas para que la maquinaria pueda trabajar con normalidad y precisión”.
- “El proyecto de instrumentación de una presa no tiene que convertirse en una carga al contratista encargado de la construcción de la presa. Por este motivo los piezómetros tipo Casagrande, al medir la presión de poros solo en terrenos saturados, deben colocarse finalizada la construcción de la presa. Por lo tanto, se facilitan las perforaciones y colocación de tubos en los lugares establecidos, sin que corran el riesgo de tener algún desperfecto o rotura durante la construcción de la presa”.
- “Uno de los principales motivos de la selección de los piezómetros de tipo Casagrande tiene que ver con la economía del proyecto,

ya que, al existir un presupuesto limitado, en grandes proyectos como lo es PACALORI con 13 presas en su diseño definitivo, la instrumentación debe ser la justa y necesario”.

- “La instrumentación superficial con 63 hitos y monumentos en total, tiene la misma prioridad e importancia que los piezómetros en un proyecto de la magnitud de la presa de Lechugal 2, ya que éstos pueden brindar información muy relevante sobre los movimientos que están ocurriendo durante el funcionamiento de la presa. Las cargas externas como la del agua y el peso propio de la estructura, provocarán deformaciones y asentamientos que están dentro de los parámetros de diseño, pero esto no significa que no se deben medir. Por lo tanto, la función de los hitos y monumentos es brindar una herramienta de fácil uso para el control de dichos movimientos y así conocer el comportamiento de la presa”.

COMENTARIO: “El proyecto de instrumentación para el monitoreo de las presas del proyecto PACALORI parte de la necesidad de mantener un control y obtención de datos para garantizar la seguridad y vida útil de las presas ya que con la adecuada auscultación se evitan daños graves a la infraestructura del proyecto. Por lo tanto, la instrumentación se convierte en una parte fundamental e importante en el correcto funcionamiento de las presas”.

2.2. Marco teórico

2.1.3.Descripción del sistema hidráulico actual de la cuenca del río Chicama.

“El sistema hidráulico para la cuenca del río Chicama, está conformada por cauces naturales e infraestructura hidráulica para la derivación, conducción y distribución hacia las áreas de riego y poblaciones en la cuenca del río Chicama”. (ANA. 2018, p. 68).

“Los cauces naturales conformado por ríos y quebradas, presentan caudales variantes según la época del año. Los ríos Chuquillanqui y Huancay son los ríos con mayores volúmenes de descarga y la unión de estos forman el río Chicama, el río Chicama recibe afluentes en la margen derecha de los ríos San Felipe, Machasen, Ochape y Santanero, en la margen izquierda del río Quiripano, cada uno de los ríos también reciben aportes de ríos secundarios o quebradas a lo largo de su recorrido”. (ANA. 2018, p. 88).

“El esquema del sistema hidráulico, presenta también las obras hidráulicas para la derivación del agua, las cuales consisten básicamente de estructuras de captación como bocatomas, estructuras de derivación como canales de conducción y derivación. En la zona Alta de la cuenca del río Chicama presenta un mayor número de estructura hidráulicas de dimensiones pequeñas, las cuales se han agrupado con fines de modelamiento; en la zona Baja las estructuras hidráulicas son de mayores dimensiones, derivan agua a partir del río Chicama”. (INRENA. 2018, p.120).

“Las mayores demandas en la cuenca del río Chicama, está en la actividad agrícola, estas se agrupan en juntas de usuarios del Valle Chicama y Alto Chicama, y estas a su vez en comisiones de riego, con un total de catorce comisiones de riego en el Alto Chicama y seis (06) comisiones de riego en el Valle Chicama”. (ANA 2018, p.76).

Los datos pluviométricos a nivel mensual, recopilados y automatizados, se procesarán con el fin de determinar su confiabilidad y consistencia,

para lo cual se procederá a realizar los análisis siguientes:

- Análisis de consistencia.
- Completar y/o utilizar información para su extensión.
- Determinación del gradiente pluviométrico.
- Estimación de la precipitación media real.
- Gradiente térmico.
- Humedad relativa.
- Velocidad del viento.
- Horas de sol.
- Estimación de la evapotranspiración real.
- Escorrentía.

“Para el correcto diseño de una presa, es necesario hacer un estudio previo de determinados parámetros de la zona sobre la que se va a ejecutar el proyecto. Entre ellos está la hidrología, la geología, la geotecnia y las características de los materiales existentes en las canteras, dimensiones de volumen del embalse, diseño hidrológico – hidráulico y diseño de obras menores (aliviadero)”. (UNI. 2011; p.68).

2.1.4.Presas

“Las presas son obras de ingeniería muy importantes para el desarrollo de un país, ya que su objetivo principal es almacenar o derivar las aguas de un río, para utilizarlas en riego, abastecimiento, producción de energía, entre otros usos”. (ONER. 2010, p. 46).

“La escasez de recursos hídricos influye directamente en el crecimiento económico de una población, ya que limita su nivel de producción. Además, el desabastecimiento de agua es una de las mayores necesidades a nivel mundial”. (Rivas Garcia V. 2015, p. 28)

“Las presas se pueden clasificar en dos tipos, según sus materiales de construcción”. (Diez Cascon, J. 2015, p. 40):

- Presas de materiales sueltos (Estructuras deformables)
- Presas de hormigón (Estructuras rígidas)

Las presas de materiales sueltos están formadas por estructuras de tierra y rocas. Pueden ser homogéneas o de varios tipos de suelo que en general le proporcionarán un núcleo impermeable para controlar las filtraciones.

Habitualmente los materiales arcillosos son los más utilizados para la construcción de este tipo de presas, pero si el material es limitado, las presas se pueden diseñar con pantallas de hormigón.

Las presas de hormigón son costosas y requieren de cimentaciones sólidas por su peso y rigidez. Se construyen de hormigón u hormigón armado y la actividad sísmica es uno de los factores principales a considerar en el diseño de estas presas”.

2.1.5.TIPOS DE PRESAS A CONSTRUIR

2.1.5.1 Presas homogéneas

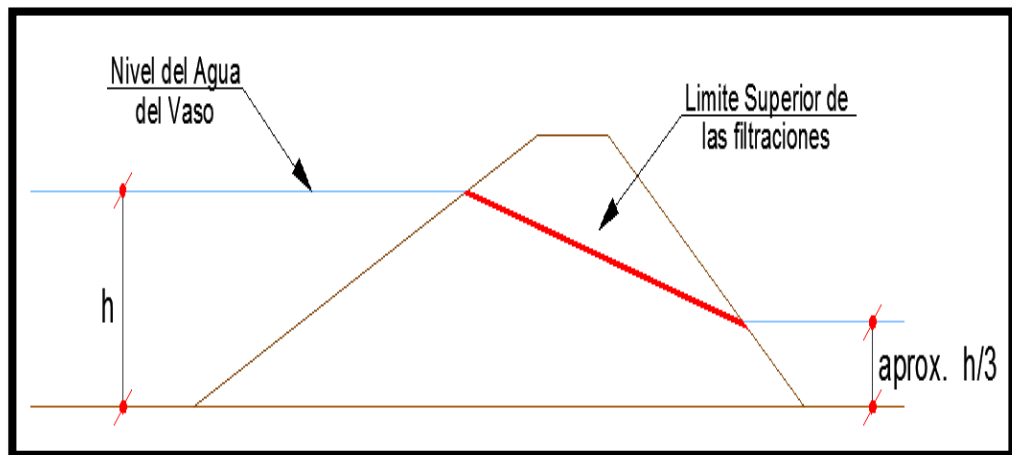
Las presas homogéneas son presas de terraplén elaborada con un material lo suficientemente estanco (arcilla, limo). Se trata de la técnica de construcción más antigua en este tipo de presas.² Están construidas con tierras de una sola calidad, generalmente apisonadas, de impermeabilidad suficiente para limitar por sí mismas el paso del agua. Suele llevar mantos de otro material como protección de los paramentos, o como filtros, sin dejar de pertenecer a esta clase, siempre que estos mantos no tengan un volumen comparable al de las tierras del cuerpo de la presa.³

El material que forma la presa debe ser suficientemente impermeable como para proporcionar una estanqueidad adecuada y los taludes, por exigencias de estabilidad, deben ser relativamente tendidos. En cualquier caso y para evitar desprendimiento deben ser suficientemente tendidos, tanto el parámetro de agua arriba, si se supone que puede producirse un desembalse rápido, como el agua abajo, para resistir los desprendimientos cuando éste saturado hasta un nivel alto.

Es inevitable que emerja la filtración del talud de agua debajo de una sección completamente homogénea a pesar de su poca pendiente y

de la impermeabilidad del suelo, si se mantiene alto nivel del embalse durante un período de tiempo suficientemente largo. El paramento de agua abajo se verá afectado eventualmente por la filtración hasta una altura de aproximadamente un tercio del embalse como se muestra en la figura II.2.

Figura N° 05: Presas Homogéneas



Fuente: Elaboración Propia

2.1.5.2 Presa Heterogéneas.

Las presas heterogéneas son las presas de materiales sueltos formadas por materiales diferentes, agrupados adecuadamente en distintas zonas de la presa. Alguna de estas zonas deberá ser impermeable, pudiendo estar constituida por tierras o bien por una mezcla asfáltica. Los materiales son más permeables a medida que nos alejamos del núcleo de la presa.³

Se asimilarán a presas heterogéneas de tierra, aquéllas presas constituidas por una sola clase de tierras, pero en las que se colocan en los espaldones alternadas capas horizontales de drenaje, que confieren a la masa de éstos características correspondientes a un material de mucha mayor permeabilidad que el núcleo.

Las presas heterogéneas pueden ser "de tierra" o "de escollera", si bien la transición es gradual de uno a otro tipo, denominaremos a los

efectos de esta instrucción “presas de escollera” a aquellas en que las zonas formadas exclusivamente de elementos gruesos de roca constituyen un conjunto de permeabilidad ilimitada y ocupen más de dos tercios de la sección del cuerpo de la presa.

Son en las que el cuerpo se compone de dos o más clases de suelos, estas son las más comunes, cuando se colocan diferentes materiales zonificados, con núcleo impermeable y materiales más permeables a medida que nos alejamos del centro de la presa.³

Las más utilizadas en los países subdesarrollados ya que son menos costosas y suponen el 77% de las que podemos encontrar en todo el planeta. Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas.

Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas.

Éste tipo de presas tienen componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante. Además, estas estructuras resisten siempre por gravedad, pues la débil cohesión de sus materiales no les permite transmitir los empujes del agua al terreno. Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón del relleno) o bien una pantalla de hormigón, la cual se puede construir también en el centro del relleno o bien aguas arriba.

La presa heterogénea es considerada como un dique heterogéneo si la anchura horizontal de la zona impermeable, en cualquier punto, es igual o mayor que la altura de terraplén sobre ese punto de la presa, y no menor de 3 metros. La anchura máxima de la zona impermeable, vendrá condicionada por criterios de estabilidad y filtración, así como por las disponibilidades de material.

Una presa con núcleo impermeable de anchura moderada compuesto de materiales resistentes y con grandes capas permeables, pueden tener unos taludes externos relativamente pendientes, limitados

únicamente por la resistencia de los cimientos, la estabilidad del dique y por consideraciones relativas a su conservación. Las condiciones que tienden a aumentar la estabilidad pueden ser decisivas en la elección de una sección, incluso aun cuando sea necesario un transporte más largo para obtener los materiales requeridos.

Las presas de tierras no soportan ser sobrepasadas por una crecida. Por ello es necesario, basándose en el conocimiento del comportamiento histórico del río, efectuar una predicción de la forma en que se deberá operar el embalse formado, para evitar que en toda la vida de la obra sea sobrepasada por ninguna crecida.

Es importante destacar que los suelos gruesos (permeables) deben ser capaces de retener los suelos finos (impermeables, semipermeables) que están en contactos con ellos, para evitar que por efecto del flujo se produzcan el arrastre de las partículas de los segundos a través de los vacíos de los primero, dando origen a una erosión regresiva o tubificación que terminaría por destruir la presa. Las presas heterogéneas a su vez se dividen según la colocación del elemento anti filtrante, de la siguiente manera:

2.1.5.3 Presas con Núcleo Ancho.

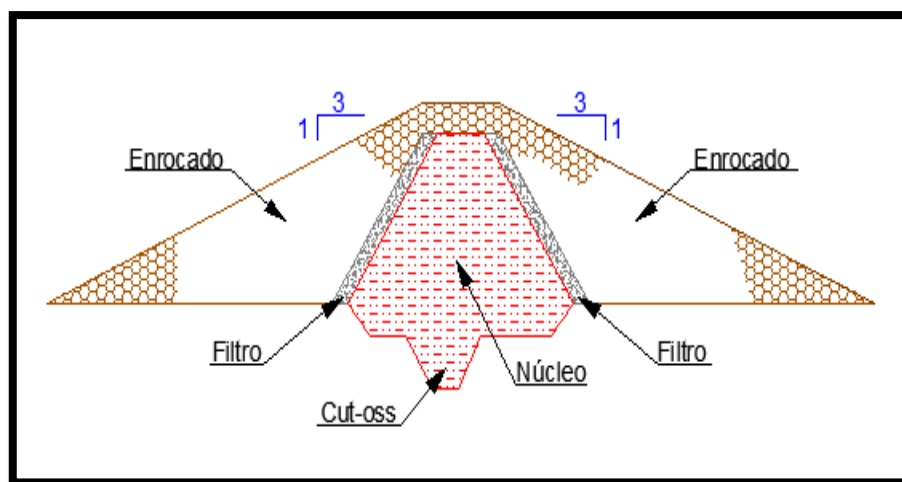
La sección de una presa zonificada con núcleo ancho representa una notable evolución para el empleo de materiales diferenciados. En ambos parámetros se coloca una capa de materiales permeables (grava o roca) que aguas abajo protegen el núcleo como un filtro, bajando rápidamente la línea piezométrica de las filtraciones y aguas arriba forman un contrapeso y una zona de drenaje que reduce la presión intersticial en caso de Draw-Down o sea de un rápido descenso del nivel de agua en el reservorio.

La pendiente típica de los parámetros es de 3:1 o sea, que este tipo de presa requiere menor volumen de material y permite el empleo de una gama más grande de materiales locales. Otra ventaja es la gran superficie de contacto entre el núcleo y las hombreras y el núcleo y la

cimentación.

En clima lluvioso o con temporada de lluvia muy extensa, la presa a núcleo ancho presenta la desventaja que la construcción del núcleo es aguantada o paralizada durante los períodos de lluvia mientras que las partes en enrocado pueden ser continuadas desfasando los programas constructivos. La presencia de zonas de trabajo diferenciadas es una desventaja para las pequeñas presas mientras que es ventajosa para las obras de gran envergadura.

Figura N°06: Presa Heterogénea con Núcleo Ancho



Fuente: Elaboración Propia

2.1.5.4 Presas con Núcleo Delgado

Desarrollando la técnica de la compactación de la arcilla y paralelamente las maquinas operadoras, se han obtenido mayores grados de impermeabilidad y se ha visto la posibilidad de reducir el espesor del núcleo. Este tipo de presa resulta más económico. La formación de capas de arcilla compactada es casi siempre más costosa que vaciar piedras.

Es la sección actualmente más utilizada por las grandes ventajas que presenta:

- Volumen de materiales reducido en aguas abajo.
- Fuerte resistencia mecánica que permita grandes alturas.
- Posibilidad de construcción casi independiente de las condiciones climáticas.

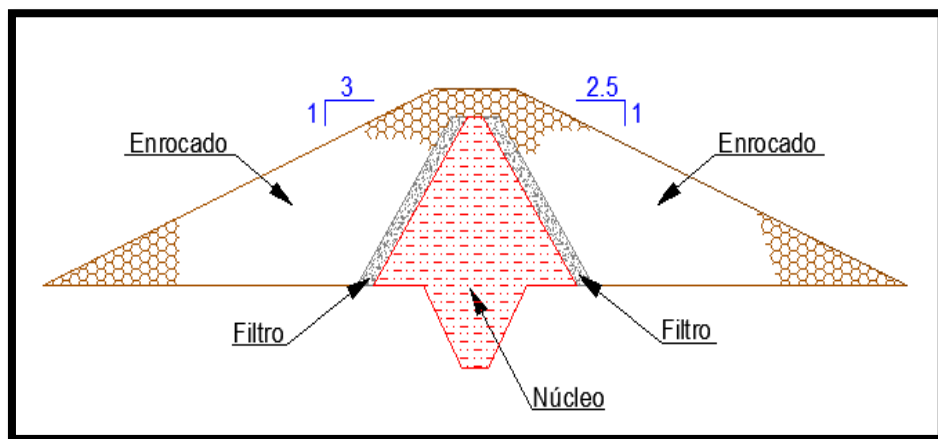
- Ausencia de problemas de presión intersticial y de Draw-Down.

La pequeña área de contacto entre núcleo y hombreras y entre núcleo y cimentación, bien como los fuertes gradientes de presión en el núcleo son las desventajas de este tipo de presa, que de todos modos pueden ser eliminadas con cuidadosos estudios y buena ejecución de los filtros.

Un punto de especial importancia es el espesor mínimo del núcleo que debe ser proporcionado a la altura. Generalmente se adopta el espesor de $0.3H$ a $0.5H$ y solamente en casos especiales de utilizar buenos materiales pueden ser reducidos a $0.2H$.

Otro aspecto delicado de este tipo de presa, especialmente en zonas sísmicas, son los asentamientos diferenciales entre núcleo y filtro, debido a la diferente deformabilidad de los materiales, con peligro de fisuraciones en el núcleo.

Figura N°07: Presa Heterogénea con Núcleo Ancho



Fuente: Elaboración Propia

2.1.6. ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA:

Altura de la presa:

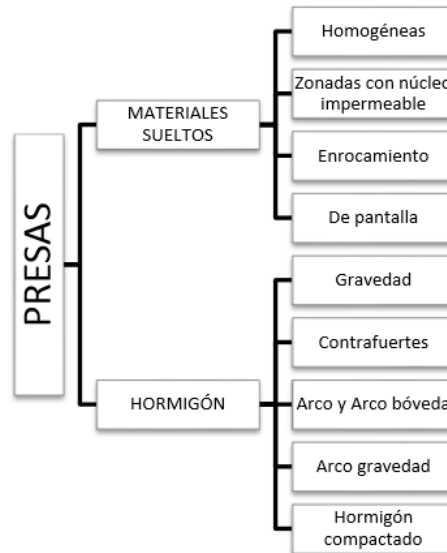
Menores a 30 metros, el 80% son de presas de tierra.

Mayores de 150 metros, el 60% son presas de hormigón

Las presas según su material y tipo de cortina se sub clasifican en:

Figura N° 08

Tipos de presas



Fuente: Rivas García Victoria. 2015

2.1.7.PRESAS DE MATERIALES SUELTOS:

“La principal característica de una presa de tierra (presa de materiales sueltos), es el tipo de material usado para su construcción. Estas presas están constituidas por rocas o tierras sueltas como la arcilla, que busca conseguir la impermeabilidad de la presa. En principio la gran mayoría de materiales geológicos son aceptables, excepto los que se pueden alterar, disolver o evolucionar modificando sus propiedades”. (Ruiz Vásquez, Mariano & González Huesca, S. 2014, p.68)

“Las presas homogéneas casi o toda la sección están constituida por el mismo material. Las zonas con núcleo constan de dos o más tipos de materiales. El núcleo, generalmente de arcilla, ejerce las funciones del elemento impermeable. Las presas de pantalla presentan una lámina delgada que actúa como el elemento impermeable. Los elementos más usados son los hormigones hidráulicos, materiales poliméricos, entre otros”. (Diez Cascon, J. 2015, p. 82)

“Las presas de enrocamiento tienen en sus materiales fragmentos rocosos de diferentes granulometrías. Estas presas generalmente tienen pantallas o núcleos impermeables para evitar las filtraciones. Estas presas, aunque pesadas, se consideran estables sísmicamente y muy económicas, pero el banco de material debe localizarse cerca del sitio de construcción. Siempre se debe dar una especial atención a todos los parámetros que contribuyen al deslizamiento y hundimiento del terreno”. (Diez Cascon, J. 2015, p. 82)

2.7.1 Ventajas de las Presas de Tierra.

Ventajas de las Presas Homogéneas:

- El material se compacta con un solo equipo, facilitándose también la explotación de materiales, el transporte y el almacenamiento.
- Las líneas de flujo son más largas.
- Es más simple y económico.
- Es aplicable en lugares donde los suelos son de poca variación en la permeabilidad.
- Pueden ser sobre elevadas y reparadas en un futuro
- Son capaces de soportar cualquier movimiento de tierra.
- Las pendientes de los taludes son diseñadas para garantizar la estabilidad bajo cualquier condición de servicio.

Ventajas de las Presas Heterogéneas:

- Los taludes son con pendientes más altas.
- Menor Cantidad de materiales de Construcción.
- Se facilita la construcción por etapas, especialmente si el núcleo es inclinado hacia aguas arriba.
- Gran superficie de contacto entre el núcleo y las hombreras y el núcleo y la cimentación.
- Reducción del volumen de los materiales
- En las de núcleo delgado la construcción es casi independiente de las condiciones climáticas
- Ausencia de problemas de presión intersticial y de Draw – Down en

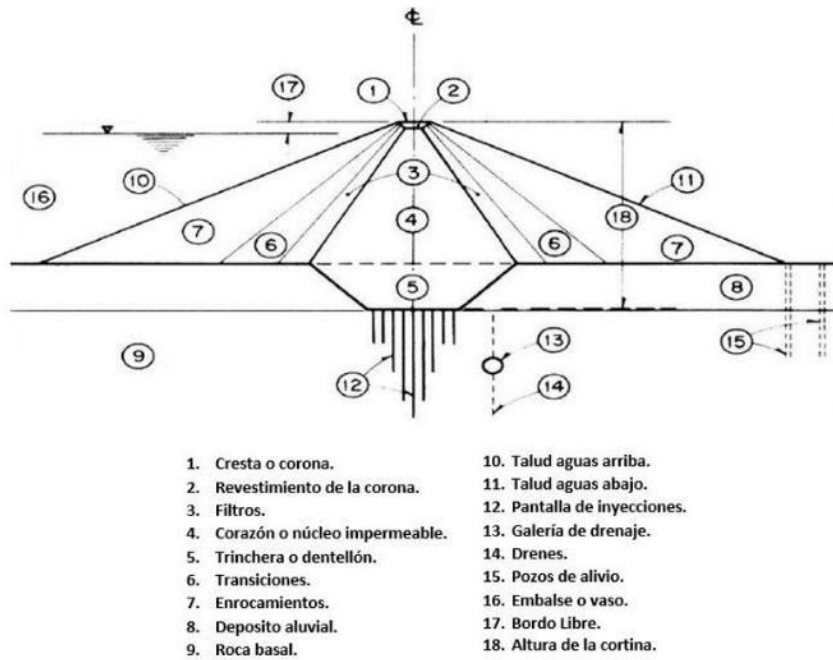
las de núcleo delgado.

- En las Heterogéneas con núcleo inclinado la pendiente de los parámetros de aguas abajo y aguas arriba son reducidas.

2.1.8.PARTES DE UNA PRESA DE TIERRA

Figura N°09:

Partes de una presa de Tierra



Fuente: González de Vallejo, Luis.2004.

2.1.7.1. ESTABILIDAD DE TALUDES Y PRESIÓN DE POROS EN PRESAS DE TIERRA.

Estabilidad de Taludes en presas de tierra:

“Para el estudio del proyecto de instrumentación de cualquier presa de tierra, es necesario conocer los parámetros que afectan la estabilidad de taludes, ya que estos determinarán el tipo de instrumentos a utilizar, su ubicación y el tipo de control que será necesario durante el funcionamiento de la presa. Esto quiere decir que dependiendo de cómo estén conformados los taludes de la presa y de los estribos, puede ser necesario el uso de una cantidad mayor de instrumentos o de otro tipo como los inclinó metros”. (Diez Cascon, J. 2015; p. 82)

“Pero esto también se determinará por los estudios previos de geotecnia

realizados en el diseño de la presa. Tener estos conceptos claros sirve para que el técnico encargado del control y toma de datos de la instrumentación pueda realizar un análisis visual y práctico del entorno de la presa y entender cómo se están comportando las masas de tierra, verificar si existe algún detalle o problema o dar una alerta temprana en caso de alguna emergencia”. (Ruiz Vásquez, Mariano & González Huesca, S. 2014, p. 68).

“En la actualidad el diseño de taludes para obras de infraestructura, se ha convertido en uno de los aspectos más importantes en la ingeniería geológica, ya que el talud al ser una estructura compleja de analizar, es necesario en su estudio resolver problemas de mecánica de suelos y rocas. Además, la geología aplicada debe formular un criterio aceptable para presentar un diseño seguro y económico a la vez”. (Ruiz Vásquez, Mariano & González Huesca, S. 2014, p. 68).

“En la ingeniería civil las tolerancias de movimientos de los taludes son muy restrictivas, al poder afectar a las estructuras que se construyen, primando los criterios de seguridad”. (Ruiz Vásquez, Mariano & González Huesca, S. 2014, p. 68).

“Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cuál será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse”. (Ruiz Vásquez, Mariano & González Huesca, S. 2014, p. 68).

La estabilidad de un talud está determinada por:

Tabla N° 20.*Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes*

FACTORES CONDICIONANTES	FACTORES DESENCADENANTES
- Estratigrafía y litología.	- Sobrecargas estáticas.
- Estructura geológica.	- Cargas dinámicas
- Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales.	- Cambios en las condiciones hidrogeológicas y factores climáticos.
- Propiedades físicas, resistentes y deformaciones.	- Variaciones en la geometría.
- Tensiones naturales y estado tenso-Deformaciones	- Reducción de parámetros resistentes

2.1.7.2. PRESIÓN DE POROS EN PRESAS DE TIERRA:

“La presión de poros es la presión interna del agua de saturación. La presión de poros dentro del suelo depende de la localización de los niveles freáticos, presiones internas de los acuíferos y las características geológicas del sitio. La presión de poros varía de acuerdo a las variaciones del régimen del agua del embalse”. (Zer Geosystem. Perú. 2016, p. 69).

Los incrementos de presión pueden ocurrir rápidamente en el momento de una lluvia, dependiendo de la intensidad de la lluvia, de la infiltración del área tributaria, etc. Un incremento en la presión de poros positiva o una disminución de la presión negativa, equivale a una reducción de resistencia al cortante y de la estabilidad. (Zer Geosystem, Perú. 2016, p. 71).

La localización del nivel freático corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica. El nivel de agua determina los niveles de presiones hidrostáticas sobre una superficie localizada por debajo de ese nivel o los valores de presión negativa o de succión para el suelo por encima. (Zer

Geosystem, Perú. 2016, p. 72).

Por debajo del nivel freático el suelo se encuentra saturado, lo cual equivale a que el agua llena todos los poros de los suelos y todas las cavidades de los materiales. El agua existente en la zona de saturación se designa por lo general, como agua freática y su superficie superior es el nivel freático. (Zer Geosystem. Perú. 2016, p. 74).

En el análisis de estabilidad es muy importante definir el nivel de agua y las consiguientes condiciones de saturación y presiones de poros. Un talud seco puede ser estable, mientras el mismo talud puede no ser estable con un determinado nivel freático o un talud estable puede fallar al ascender el nivel freático. (Zer Geosystem, Perú. 2016, p. 75).

En el caso de taludes importantes es necesaria la colocación de piezómetros para poder cuantificar el valor depresión de poros que puede definir, en un determinado momento la estabilidad o inestabilidad del talud. (Zer Geosystem, Perú. 2016, p. 78).

2.1.8. CAUDAL DE DISEÑO

“El caudal de diseño podrá ser obtenido mediante el método racional, el hidrograma unitario u otros procedimientos de hidrología urbana, por ejemplo, modelos de simulación hidrológica (simulación de eventos y simulación continua)”. (Chereque Moran W. 2016, p. 58).

“El método racional podrá ser empleado para pequeñas áreas de drenaje. El hidrograma unitario, deducido o sintético (hidrograma adimensional de SCS, hidrograma de Snyder, etc), podrá ser empleado para áreas de drenaje mayores que 0,5 km²”. (Chereque Moran W. 2016, p. 58).

2.1.8.1. MÉTODO RACIONAL

“Para áreas urbanas, el área de drenaje puede estar compuesta de subáreas o subcuencas de diferentes características superficiales, entonces el caudal pico puede ser calculado mediante la siguiente forma de la fórmula racional”: (Chereque Moran W. 2016, p. 58).

$$Q = 0,278 \cdot i \cdot \sum_{j=1}^m C_j \cdot A_j$$

Donde:

Q: Caudal pico en m³/s

i: Intensidad de la lluvia en mm/hora

A_j: Área de drenaje de la j-ésima subcuenca en km²

C_j: Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuenca

M: Número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales.

2.1.9. CUENCA HIDROGRÁFICA

“La cuenca hidrográfica es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas hacia un mismo punto de salida. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales que generan diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano”. (Visión Mundial, 2004).

“Las cuencas hidrográficas son consideradas sistemas hidrológicos, por lo cual existen entradas y salidas que pueden ser cuantificables. En ellas se producen interacciones entre sus distintos elementos y existe una alta interdependencia entre usos y usuarios”. (Visión Mundial, 2012, p. 48).

2.1.10. HIDROLOGÍA:

“Es la ciencia que estudia el agua, y sus manifestaciones en la atmósfera, sobre y debajo de la superficie terrestre; sus propiedades y sus interrelaciones naturales” (Guevara y Cartaya, 1991).

2.1.10.1. CICLO HIDROLOGICO

“El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación”. (Monsalve, E. 2012, p. 48)

“El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la

energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento)”. (Chereque Moran W. 2016, p .58).

“Chereque, 1989, se entiende como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, subsuperficial, subterránea, etc.)”.

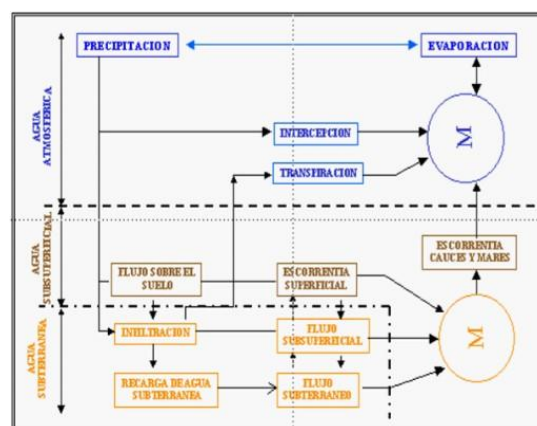
2.1.10.2. SISTEMA HIDROLÓGICO:

“Guevara y Cartaya, 1991: los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema”.

“Un sistema viene a ser un conjunto de partes diferenciadas que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escurrimiento, y las otras fases del ciclo, tal como se muestra en la Figura ” (CEDES . 2016).

Figura N° 10

Representación del sistema hidrológico



Fuente: CEDES. 2016.

2.1.10.3. AÑO HIDROLÓGICO

“Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la

cantidad sobrante de un año al siguiente, se reduce al mínimo. En el Perú, el año hidrológico empieza en septiembre y termina en agosto del año siguiente”. (OREN. 2010, p. 45)

2.1.10.4. HIDROGRAMA.

Expresión gráfica de la variación del caudal a lo largo del tiempo.

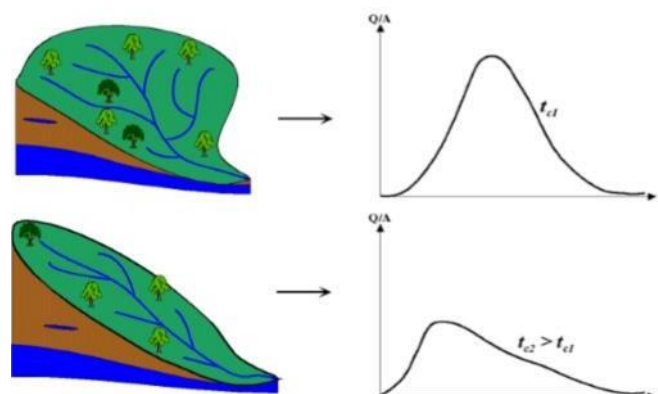
“Un hidrograma de caudal es una gráfica o una tabla que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y escorrentía de una cuenca de drenaje particular”.

Según Heras (1983), “el hidrograma permite representar la variación del caudal de un río, en función del tiempo”.

“El hidrograma, está en función del aporte de precipitaciones que puedan ocurrir en la superficie de la cuenca y de las características físicas de ella, tal como se puede apreciar en la Figura 2.3, donde se observa una comparación de dos hidrogramas en función de la forma de la cuenca. Es decir, para este caso a mayor pendiente de la cuenca la respuesta del hidrograma es más directa”.

Figura N° 11

Influencia de la forma de la cuenca en el hidrograma



Fuente: SIAR, T. 2010

2.1.10.5. ESTACIÓN LIMNIMÉTRICA:

Para Heras (1983), “es aquella en la cual solo se registran los niveles de

agua del río, para lo cual se cuenta con unas reglas (escala o miras) llamadas milimétricas, instaladas de forma recta o escalonadas en estructuras de concreto, con ella se realizan lecturas del nivel del río tres veces al día en época de estiaje y cinco veces en época de avenidas”.

2.1.10.6. AFORO

Según Oren (2010) “es la operación por la cual se miden las velocidades, profundidades y anchuras de las corrientes para determinar el caudal, mediante la utilización de un instrumento denominado correntómetro”.

2.1.10.7. BALANCE HIDRICO

Según Heras (1983), “balance de entrada y salidas de agua en una zona hidrológica bien definida, tal como un embalse, un lago, o una cuenca, teniendo en cuenta el déficit o superávit de agua acumulada”.

2.1.10.8. CAUDAL.

Oren (2010) menciona, “Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo”.

2.1.10.9. PRECIPITACIÓN

Musy (2001) denomina “precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental”.

2.1.10.10. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Musy (2001) menciona que “es la porción de lluvia que no es infiltrada, interceptada o evaporada y que fluye sobre las laderas. En realidad, la escorrentía superficial, la infiltración y la humedad del suelo son interactivas entre sí, por tal motivo se debe tener cuidado en seleccionar el modelo adecuado para cada caso”.

2.1.10.11. ÁREA DE DRENAJE

Según Heras (1983) “debe determinarse el tamaño y la forma de la cuenca o subcuenca en consideración. Se determinará el área en mapas topográficos o por inspección en campo. Los intervalos entre las curvas de

nivel deben permitir distinguir la dirección del flujo superficial. b) Debe medirse el área de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando, así como la subárea de drenaje que contribuye a cada punto de ingreso del sistema. La línea divisoria debe seguir el límite real de la cuenca, en lugar de una delimitación comercial del terreno, como puede darse el caso en el diseño de alcantarillado sanitario”.

2.1.10.12. ESTUDIO DE AVENIDAS

Según Oren (2010) “la avenida que se utilice para diseñar se llamará avenida de proyecto. Esta es la máxima avenida probable, es decir, la mayor avenida que puede esperarse razonablemente en una corriente determinada en un punto que se elija. La determinación de la máxima avenida probable se basa en la consideración racional de las probabilidades de ocurrencia simultánea de las diferentes condiciones que contribuyen a su formación. Analizando los gastos de corriente y los registros de precipitaciones se podría obtener un hidrograma, que es una curva que muestra la variación del escurrimiento con el tiempo debido a una precipitación dada”.

Como también menciona que “para la determinación de las avenidas se deben estudiar los siguientes factores para cada emplazamiento: localización geográfica, potencial de las tormentas, área de drenaje, suelos, cobertura y distribución del escurrimiento. Con todos estos datos y siguiendo alguna de las metodologías existentes se podrán determinar las diferentes avenidas de diseño para los elementos de la presa: avenida de proyecto, avenida máxima probable, etc. Generalmente, en el diseño de presas de materiales sueltos se utiliza como avenida de diseño la de 500 años de período de retorno, funcionando las de 1,000 o más años de retorno como avenida máxima esperada”.

2.1.10.13. ESTUDIO DE MATERIALES, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

UNI (2011) “para poder diseñar correctamente una presa se necesita saber cuál es el comportamiento de su cimentación. Es por ello que se requiere el estudio de la geología y la geotecnia de la zona. Datos como las

características geológicas y el espesor de los estratos, su inclinación, permeabilidad y la relación con estratos subyacentes, fallas y fisuras son aspectos importantes que se deben tener en cuenta. Estos aspectos condicionarán el tipo de cimentación que se tenga, lo que a su vez llevará a la elección del tipo de presa”.

“Por otro lado, es importante el estudio de los materiales que se pueden obtener en las propias excavaciones de la obra y en canteras cercanas. Estos materiales nos conducirán a la selección del tipo de presa debido a su economía”.

2.1.10.14. CIMENTACIÓN

Cascon (2015) menciona que “el uso del término cimentación incluye tanto el piso del cauce como los estribos. El requisito esencial de la cimentación para una presa de tierra es el de proporcionar un apoyo estable para el terraplén en todas las condiciones de saturación y carga, así como tener una resistencia elevada a la filtración. Cada cimentación presenta sus propios problemas, por lo que se deben estudiar sus correspondientes tratamientos y preparaciones que cumplan con los requisitos mínimos ya citados. Para ello, se deberán adaptar las condiciones locales estabilizando las cimentaciones débiles y usando dispositivos para interceptar filtraciones en el caso de cimentaciones permeables”.

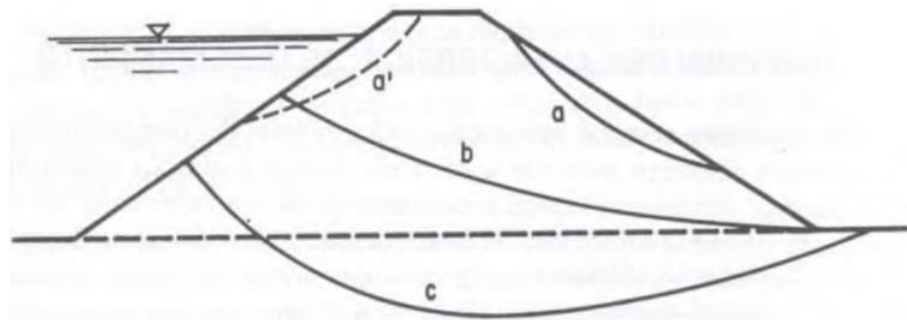
Según Cascon (2015), “debido a que los métodos de tratamiento son apropiados para diferentes condiciones, las cimentaciones se agrupan en tres clases principales: de roca, de materiales de grano grueso (arena y grava) y de grano fino (limo y arcilla). Generalmente, las cimentaciones de presas consisten en depósitos aluviales recientes compuestos de arenas y gravas relativamente permeables, que cubren formaciones geológicas impermeables. Usualmente, estos materiales permeables consisten en mezclas heterogéneas más o menos estratificadas. Estas cimentaciones tienen dos problemas fundamentales: las filtraciones subterráneas y las presiones producidas por estas filtraciones”.

2.1.10.15. ESTABILIDAD

Para Cascon (2015), “la mayoría de métodos para evaluar la estabilidad se basan en la resistencia al corte del suelo y en algunas suposiciones de falla de terraplén. La falla del terraplén puede ser superficial o de talud (a, a’), de pie (b) o profunda (c)”, como se aprecia en Figura N° 09:

Figura N° 12:

Tipos de falla de terraplén



Fuente: Diez Cascon, J. 2015

2.1.10.16. FILTRACIONES

Para Cascon (2015) “además de la influencia en las presiones producidas por las filtraciones, el mayor problema de una cimentación sería el referido a la magnitud de esas filtraciones subterráneas. El tipo y extensión del tratamiento para disminuir esta magnitud de filtraciones lo determina el objeto para el que se construye la presa, la relación entre las aportaciones de corriente y el volumen a conservar en las presas”.

2.1.10.17. A través del cuerpo de presa

Según Cascon (2015), “el núcleo de una presa de tierra proporciona una resistencia a la filtración. Sin embargo, los suelos varían mucho en permeabilidad: incluso las arcillas más compactas son porosas y no se puede evitar que el agua pase a través de ellas. El avance de la filtración del agua a través del núcleo depende de la constancia del nivel del vaso, de las magnitudes de la permeabilidad del material del núcleo en direcciones horizontales y verticales, de la intensidad de las presiones residuales producidas por las fuerzas de compresión durante la construcción y del factor tiempo”.

2.1.10.18. Bajo la presa

Cascon (2015) menciona, “para estimar el volumen de filtraciones es necesario determinar el coeficiente de permeabilidad de la cimentación (k), que está en función del tamaño y la granulometría de partículas gruesas, la cantidad de finos y la densidad de la mezcla.”

“Para determinar este coeficiente k, se pueden usar diversos métodos consistentes en bombeos, inyecciones u observaciones del flujo de agua (con electrólitos o tiñendo el líquido de análisis). Después de calcular el coeficiente de permeabilidad, se puede hacer un cálculo rápido del agua filtrada con la fórmula, mundialmente conocida como la Ecuación de Darcy”:

$$Q = k \times i \times A$$

Donde:

“Q el caudal de descarga, k el coeficiente de permeabilidad, i el gradiente hidráulico (h/L) y A el área bruta de la cimentación a través de la cual se produce el flujo”.

“Los resultados de esta fórmula deben considerarse como un orden de magnitud, pero se deberán usar métodos más exactos como el modelamiento por elementos finitos para cálculos de proyecto. Más aún si la cimentación está estratificada, caso muy habitual, ya que, entre otros aspectos, la permeabilidad vertical será mucho menor que la horizontal y esto influirá en los resultados de las filtraciones”.

2.3. Marco conceptual

Presas: “obras de ingeniería muy importantes para el desarrollo de un país, ya que su objetivo principal es almacenar o derivar las aguas de un río, para utilizarlas en riego, abastecimiento, producción de energía, entre otros usos”. (ONER. 2010, p. 46).

Presas de materiales sueltos: “están constituidas por rocas o tierras sueltas como la arcilla, que busca conseguir la impermeabilidad de la presa”. (Ruiz Vásquez, Mariano & González Huesca, S. 2014, p.68)

Presión de poros en presas de tierra: “es la presión interna del agua de saturación. La presión de poros dentro del suelo depende de la localización de los niveles freáticos, presiones internas de los acuíferos y las características geológicas del sitio. La presión de poros varía de acuerdo a las variaciones del régimen del agua del embalse”. (Zer Geosystem. Perú. 2016, p. 69).

Caudal de diseño: “podrá ser obtenido mediante el método racional, el hidrograma unitario u otros procedimientos de hidrología urbana”. (Chereque Moran W. 2016, p. 58)

Cuenca hidrográfica: “es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas hacia un mismo punto de salida”. (Visión Mundial, 2004)

Hidrología: “Es la ciencia que estudia el agua, y sus manifestaciones en la atmósfera, sobre y debajo de la superficie terrestre; sus propiedades y sus interrelaciones naturales” (Guevara y Cartaya, 1991).

Ciclo hidrológico: “es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y re evaporación”. (Monsalve, E. 2012, p. 48)

Sistema hidrológico: “viene a ser un conjunto de partes diferenciadas que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse

como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía, y las otras fases del ciclo” (CEDES. 2016).

Año hidrológico: “Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente, se reduce al mínimo. En el Perú, el año hidrológico empieza en septiembre y termina en agosto del año siguiente”. (OREN. 2010, p. 45)

Hidrograma: “Expresión gráfica de la variación del caudal a lo largo del tiempo”.

Estación milimétrica: “Es aquella en la cual solo se registran los niveles de agua del río”.

Aforo: “Operación por la cual se miden las velocidades, profundidades y anchuras de las corrientes para determinar el caudal, mediante la utilización de un instrumento denominado correntómetro”.

Balance hídrico: “Balance de entrada y salidas de agua en una zona hidrológica bien definida”.

Caudal: “Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo”.

Análisis de estabilidad de taludes en presa de tierra: se determina por su capacidad para resistir esfuerzos cortantes ya que la falla se produce por deslizamiento a lo largo de una superficie de corte. El análisis de estabilidad de la presa consiste en determinar la estabilidad de sus taludes aguas arriba y aguas abajo.

Métodos de Equilibrio Límite: Establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. De esta forma, se interpreta que la masa de terreno por encima de dicha línea se desplaza respecto la masa inferior, produciéndose, así, la rotura del terreno.

Métodos Exactos: La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de

deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura, etc.). Esto sólo es posible en taludes de geometría sencilla, como por ejemplo la rotura planar y la rotura por cuñas.

Métodos no Exactos: En la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las leyes de la estática. El problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución. Se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy en desuso, y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

Análisis de estabilidad estática: Los análisis de estabilidad estática de acuerdo a las investigaciones realizadas en el Perú asumen un equilibrio límite que consideran el equilibrio de una fuerza y/o un momento de la masa de tierra sobre una superficie potencial de falla. La masa sobre la superficie potencial de falla se asume rígida, la fuerza de corte sólo se puede desarrollar en la superficie potencial de falla. (Martínez, Barrera y Gómez, 2011).

La fuerza de corte disponible se asume que se moviliza a la misma velocidad en todos los puntos de la superficie potencial de falla. Como resultado de esto, el factor de seguridad es constante sobre toda la superficie de falla. Dado que se asume que la superficie potencial de falla es perfectamente plástica, los análisis de equilibrio límite no proveen información acerca de la deformación del talud.

La estabilidad de taludes es, normalmente expresada en términos de un factor de seguridad FS:

$$FS = \frac{F_{cD}}{F_{cR}}$$

Donde:

- F_{cD} es la fuerza de corte disponible
- F_{cR} es la fuerza de corte requerida para el equilibrio.

Método Pseudo – Estático: En este método se emplea el cálculo del factor de seguridad de la estabilidad de taludes por equilibrio límite se considera la influencia de un evento sísmico adicionando un coeficiente lateral sísmico; la intervención del sismo se da a través de la fuerza sísmica, a la cual se le considera como una fuerza horizontal que actúa sobre la masa de suelo inestable, cuya magnitud es calculada al multiplicar el peso de dicha masa por un factor, denominado coeficiente sísmico.

El coeficiente sísmico dependerá del tipo de sismicidad de la zona. Los valores recomendados en análisis de estabilidad de taludes, cuando se utilizan los métodos de equilibrio límite basado en la mecánica del cuerpo rígido, se muestran a continuación para el Perú:

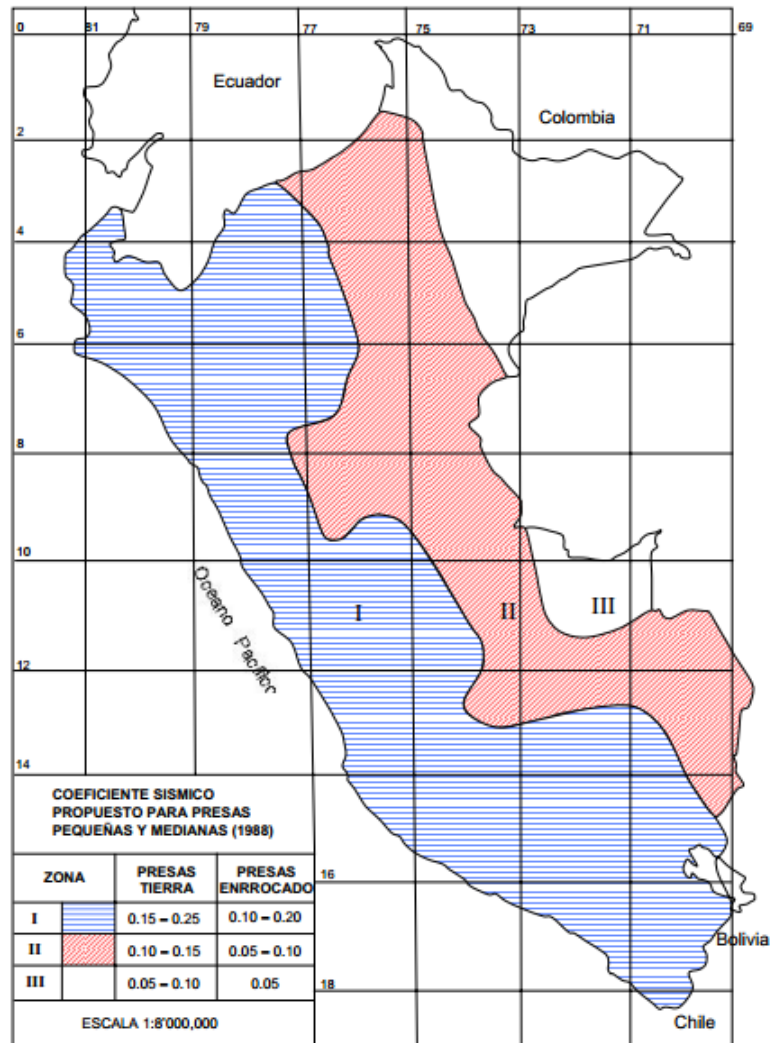
Tabla 21: Características de métodos comúnmente empleados para estabilidad de taludes.

MÉTODO	LIMITACIONES, SUPOSICIONES Y CONDICIONES DE EQUILIBRIO SATISFECHAS
MÉTODO MODIFICADO DE BISHOP	Método preciso; solo para superficies circulares de derrumbe; satisface el equilibrio vertical y el equilibrio de momento total; asume que las fuerzas laterales sobre tajadas son horizontales.
MÉTODO SIMPLIFICADO DE JANBU	Método de equilibrio de fuerza; aplicable a cualquier forma de superficie de derrumbe; asume que las fuerzas laterales son horizontales (las mismas para todas las tajadas); generalmente los factores de seguridad son considerablemente más bajos que los calculados empleando métodos que satisfacen todas las condiciones de equilibrio.

MÉTODO DE SPENCER	Satisface todas las condiciones de equilibrio; aplicable a cualquier forma de superficie de derrumbe; asume que la inclinación de fuerzas laterales es la misma para todas las tajadas; la inclinación de la fuerza lateral es calculada en el proceso de solución de modo que se satisface todas las condiciones de equilibrio; método preciso.
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Norma TRB, 1996

Figura N° 13: Zonificación del Coeficiente Sísmico en el Perú



Fuente: Ruesta, ET AL (1988)

2.4. Hipótesis

Realizando los estudios imprescindibles, permitirá la construcción eficiente de una presa de materiales sueltos sobre el Rio Santanero, en la región de Cajamarca y permitirá elevar la calidad de vida y aumentar la productividad y la alimentación.

2.5. Variables

2.5.1. Dependientes

[Y(J)]: j=1

Estudios Imprescindibles, para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos

2.5.2. Independientes

[X(i)] i=1,2,3

Identificar el rio Santanero, en la Región de Cajamarca

2.5.3. Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Medición	Unidad	Instrumentos
Y11	Estudios Imprescindibles para la construcción de una presa de materiales: Hidráulico, estabilidad, filtración, presión de poros.	Fuerza Altura Caudal Volumen	Kgs. ml m ³ /se g m ³	Métodos y Softwares de Ingeniería Hidráulica
Y12	Determinación del volumen, altura, Borde libre, cresta, NAMO; NAME; NAMIN ; volumen muerto de la presa.	Altura Volumen n Caudal longitud	ml m 3 m ³ /seg ml	Métodos y Softwares de Ingeniería Hidráulica
Y13	Estudios Imprescindibles para la posterior construcción de una presa de materiales sueltos sobre el rio Santanero, en la Región Cajamarca	U	1	Autocad Excel

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Investigación Descriptiva

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Ríos de la cuenca del Rio Chicama.

3.2.2. Muestra

Subcuenca del Rio Santanero. Región Cajamarca

La población beneficiada al construirse la presa de materiales Sultos en la Sub Cuenca del Rio Santanero

Tabla N° 22.

Población beneficiada

Distrito / caseríos	Número de habitantes
San Benito	8,350
Guzmango	5,540
Santa Ana	2,350
Ascope	7,012
Chicama	15,056
Chocope	10,138
Magdalena de Cao	2,884
Santiago de Cao	19,731
TOTAL DE HABITANTES	71,061

Fuente: ANA – INEI. 2018.

3.2.3. Unidad de análisis



La investigación se realizó en la cuenca del Rio Santanero Región Cajamarca.

3.3. Diseño de investigación

Para el desarrollo del presente estudio se realizó una investigación descriptiva, tomado como referencia cuenca del río santanero Región Cajamarca, revistas, libros y tesis anteriores las mismas que se realizaron en el campo.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- Etapa de Campo
- Trabajos de gabinete
- Información cartográfica, meteorológica e hidrométrica.
- Para realizar los taludes y realizar el cálculo de los materiales necesarios se usará el Autocad

3.5. Procesamiento y análisis de datos

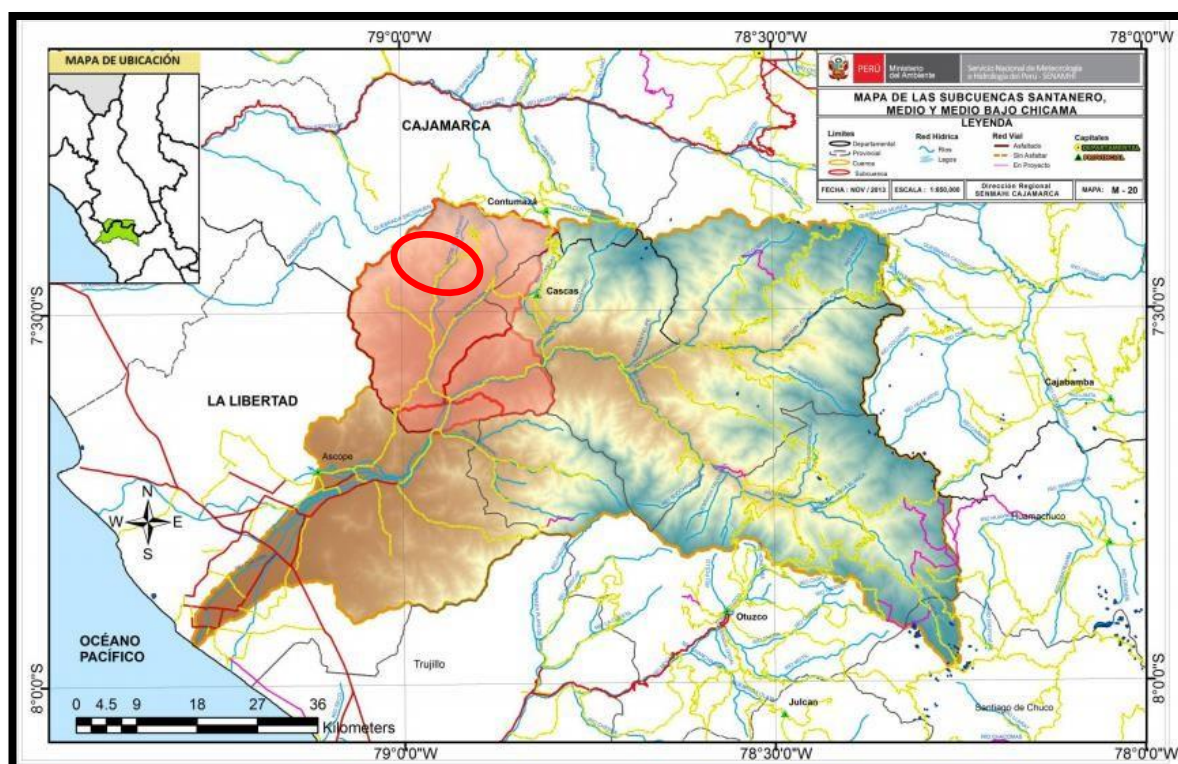
- software Excel, Autocad.
- El software a utilizar programa GeoStudio.
- Estadística aplicada.
- Excel

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS REGION DEL PROYECTO

La subcuenca de Santanero, pertenece a las provincias de Ascope y Gran Chimú de la Región La Libertad y de la provincia de Contumazá en la Región Cajamarca. Se considera que en esta zona empieza el ascenso en la cordillera de los Andes.

Se utilizará la estación de San Benito para la descripción del comportamiento de la temperatura y precipitaciones. En la ilustración 10 podemos observar el diagrama ombrométrico.

Figura N° 14:
Diagrama ombrométrico



Fuente: Senamhi (2018)

La temperatura en el mes de enero es menor a la curva de precipitaciones, esto se da hasta el mes de abril y del mes de mayo hasta diciembre el déficit hídrico se extiende.

La humedad tiene un mayor ingreso en los meses de verano y se da del noroeste del Perú. La Alta de Bolivia aporta la divergencia necesaria para la convección.

Durante las temporadas calientes del fenómeno del Niño, en la zona de la cuenta es más lluviosa, esto se debe a la cercanía con la zona de

mayor convección.

Tipo de presa a construir

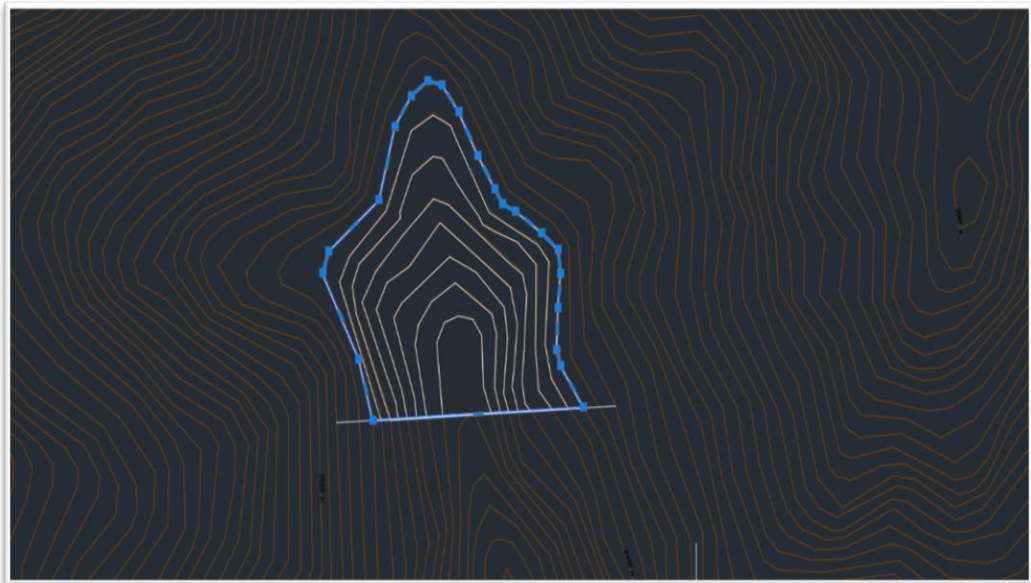
Tomamos en cuenta el material de la zona, por ello se decidió que el estudio se realizaría para una presa de materiales sueltos, aprovechando las canteras de las zonas, para mejorar su estabilidad y las filtraciones.

Figura N° 15: Eje de la presa santanero



Fuente: Elaboracion propia.

Figura N° 16: Curvas de nivel Presa



Fuente: Elaboracion propia.

4.1 DISEÑO DE LA PRESA MATERIALES SUELTOS SOBRE EL RIO SANTANERO.

A) Tabla N° 23: Datos de altitud y area del vaso

ALTITUD (m.s.n.m)	AREA DE ESPEJO DE AGUA (m2)	DETALLE
2,260.00	0.00	Cota más baja del vaso
2,265.00	39,231.60	
2,270.00	61,322.74	
2,275.00	88,468.13	
2,280.00	118,443.08	
2,285.00	156,218.24	
2,290.00	194,951.26	
2,295.00	237,958.40	
Total	896,593.46	

B) Tabla N° 24: Calculo del volumen acumulado:

ALTITUD (m.s.n.m)	AREA DE ESPEJO DE AGUA (m2)	VOLUMEN (m3)	
		PARCIAL	ACUMULADO
2,260.00	0.00	0.00	0.00
2,265.00	39,231.60	98,079.01	98,079.01
2,270.00	61,322.74	251,385.86	349,464.87
2,275.00	88,468.13	374,477.19	723,942.06
2,280.00	118,443.08	517,278.03	1,241,220.09
2,285.00	156,218.24	686,653.30	1,927,873.39
2,290.00	194,951.26	877,923.76	2,805,797.14
2,295.00	237,958.40	1,082,274.17	3,888,071.31
Total	896,593.46	3,888,071.31	11,034,447.88

VOLUMEN PARCIAL

$$Vol(m3) = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) * H$$

Donde:

Vol = Volumen parcial (m3)

A₁ = Area del espejo de agua inicial (m2)

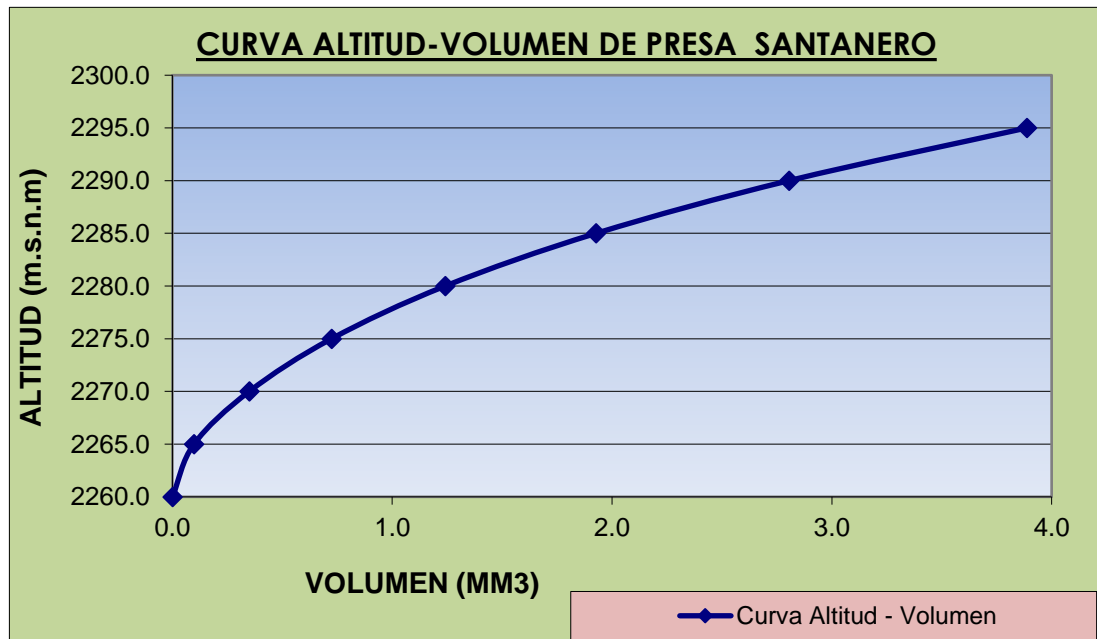
A₂ = Area del espejo de agua siguiente (m2)

H = Diferencia de altura entre 2 espejos de agua (m)

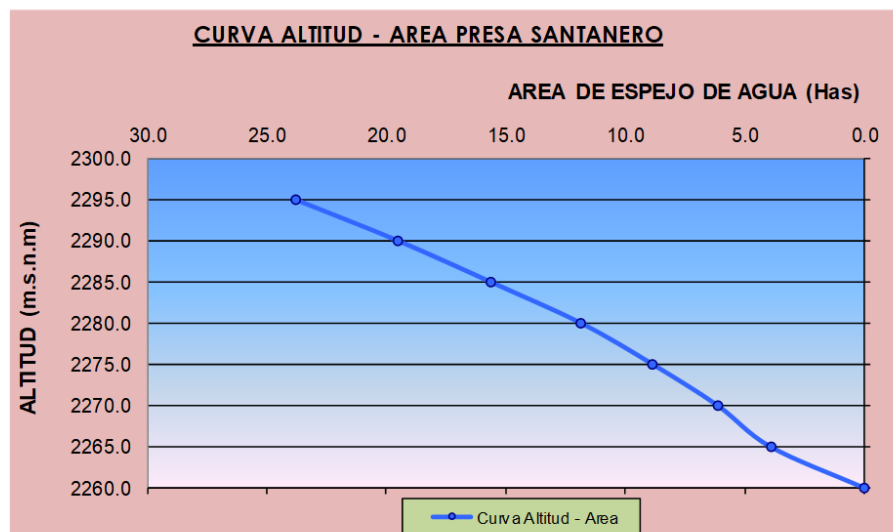
C) Tabla N° 25: Curva altitud - volumen - area del vaso

ALTITUD (m.s.n.m)	AREA ESPEJO (m2)	AREA DE ESPEJO DE AGUA (Has)	VOLUMEN ACUMUL. (m3)	VOLUMEN (MM3)
2,260.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2,265.00	39,231.60	3.92	98,079.01	0.10
2,270.00	61,322.74	6.13	349,464.87	0.35
2,275.00	88,468.13	8.85	723,942.06	0.72
2,280.00	118,443.08	11.84	1,241,220.09	1.24
2,285.00	156,218.24	15.62	1,927,873.39	1.93
2,290.00	194,951.26	19.50	2,805,797.14	2.81
2,295.00	237,958.40	23.80	3,888,071.31	3.89
Total	896,593.46	89.66		

CURVA ALTITUD - VOLUMEN - AREA DEL VASO



CURVA ALTITUD - VOLUMEN - AREA PRESA SANTANERO



D) Calculo de aportacion de sedimentos

FORMULAS EMPIRICAS PARTICULARES

A) DATOS:

Altitud	2,260 msnm
Area de la cuenca	564.97 Km ²
Capacidad total inicial del embalse	0 m ³
Longitud del colector principal	4.18 Km
Desnivel máximo de elevación en cuenca	3322.0 m
Altura media de la cuenca (curva hipsomet.)	1219.5 msnm
Area de la cuenca con vegetación	141.24 Km ²
Pendiente de la cuenca	7.54 %
Precipitación media anual	426.00 mm

FORMULAS EMPIRICAS:

Formula de L.C. GOTTSCHALK

$$S = 0.0522 * C + 822.9542 * A + 330.7014 * T - 2217.09$$

s = Magnitud de la sedimentación ocurrida en un embalse, en m³

C = Capacidad total propuesta para el vaso, en m³

A = Area de la cuenca del Embalse en Km².

T = Lapso en el que ocurrirá la Sedimentación del vaso en años

0.0	m ³
564.970	Km ²
50	años

$$S = 479,262.41 \text{ m}^3 = 16.97 \text{ (m}^3/\text{Km}^2/\text{año)}$$

Fórmula de NAMBA

$$A_s = 0.292 * P + 0.474 * H - 0.118 * F + 2.452$$

AS = Aportación de sedimentos, en m³/Km²/año

P = Precipitación media anual , en mm

H = Densivel total de las elevaciones de la cuenca, en m.

F = Relación del area desnudo al área de suelo cubierto de vegetación

426.0
3322.0
300.00

$$AS = 1,666.07 \text{ (m}^3/\text{Km}^2/\text{año)}$$

Fórmula de J.B. OWEN y F.A.BRANSON

$$A_s = 19464.6 * \frac{H}{L} + 14.29 * P_s - 604.8$$

AS = Aportación de sedimentos, en m³/Km²/año

H/L = Cociente entre el desnivel máximo de las cotas y la longitud total del colector o cauce principal 0.795
 Ps = Porcentaje de suelo desnudo de la cuenca 75.00 %
 $AS = 19,464.6 * 0.146 + 14.29 * 90 - 604.8$
 AS = 15936.18 m3/Km2/año

Fórmula de NAMBA-YAMAGUCHI

$$As = 6.398 * H^{0.72} * q^{1.67}$$

AS = Aportación de sedimentos, en m3/Km2/año
 H = Desnivel total de todas las elevaciones de la cuenca en m. 3322.0
 q = Gasto específico máximo anual en m3/Km2 0.000
 $AS = 6.398 * 755^{0.72} * 1.672^{1.67}$
 AS = 0.00 m3/Km2/año

Formula de MURANO

Esta ecuación, determinada en base a información de 103 embalses, relaciona el aporte específico de sólidos de la cuenca, con su precipitación anual, área, altitud y pendiente media.

e

$$Q_s = 10^{-3.2} * A^{-0.21} * P^{0.97} * Me^{1.21} * Sc^{0.68}$$

Qs = AS = Aportación de sedimentos, en m3/Km2/año
 A = Area de cuenca en Km2 564.970
 P = Precipitación media anual en mm 426.0
 Me = Elevación media de la cuenca en msnm 1219.5
 Sc = Pendiente Promedio de la Cuenca 0.075
 $AS = 10^{-3.2} * 23.93^{-0.21} * 1696^{0.97} * 4700^{1.21} * 0.095^{0.68}$
 AS = 55.40 m3/Km2/año

ESUMEN

Aporte de sólidos en m3/Km2/año

OTTSCHAL	NAMBA	OWEN-BRANSON	N-YAMAGUCHI	MURANO	AS Promedio	
(m3/Km2/año)	(m3/Km2/año)	(m3/Km2/año)	(m3/Km2/año)	(m3/Km2/año)	(m3/Km2/año)	
16.97	1666.07	15936.18	0.00	55.40	3534.92	3534.92

Aporte anual de sólidos en volumen MMC/Km2/año

OTTSCHAL	NAMBA	OWEN-BRANSON	N-YAMAGUCHI	MURANO	AS Promedio	
(MMC/Km2/año)	(MMC/Km2/año)	(MMC/Km2/año)	(MMC/Km2/año)	(MMC/Km2/año)	(MMC/Km2/año)	
0.0000	0.0017	0.0159	0.0000	0.0001	0.0035	0.0035

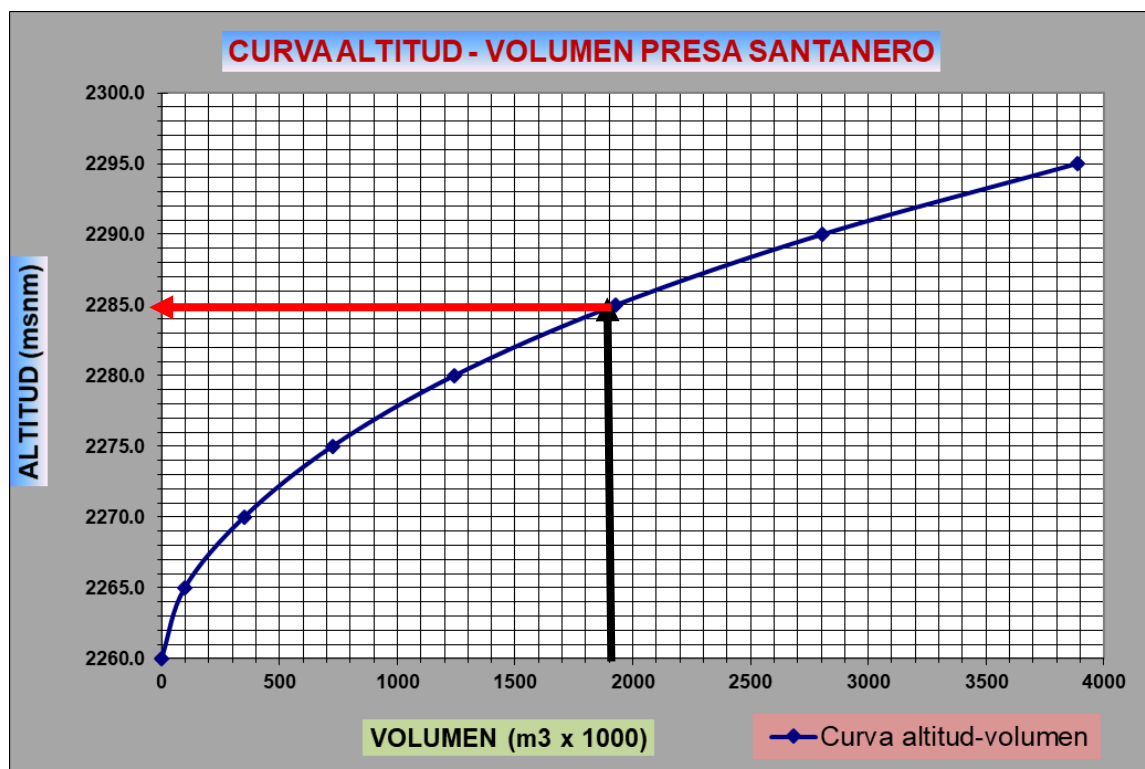
Para una vida útil de 50 años el volumen (MMC) será:

0.0008	0.0833	0.7968	0.0000	0.0028	0.1767	176,746.23
--------	--------	--------	--------	--------	--------	------------

4.2 DIMENSIONAMIENTO HIDROLOGICO DEL EMBALSE

A. Tabla N° 26: Curva altitud-area-volumen.

ALTITUD (m.s.n.m)	AREA ESPEJO (m ²)	VOLUMEN (m ³) PARCIAL	ACUMULADO
2,260.00	0.00	0.00	0.00
2,265.00	39,231.60	98,079.01	98,079.01
2,270.00	61,322.74	251,385.86	349,464.87
2,275.00	88,468.13	374,477.19	723,942.06
2,280.00	118,443.08	517,278.03	1,241,220.09
2,285.00	156,218.24	686,653.30	1,927,873.39
2,290.00	194,951.26	877,923.76	2,805,797.14
2,295.00	237,958.40	1,082,274.17	3,888,071.31
Total	896,593.46	3,888,071.31	11,034,447.88

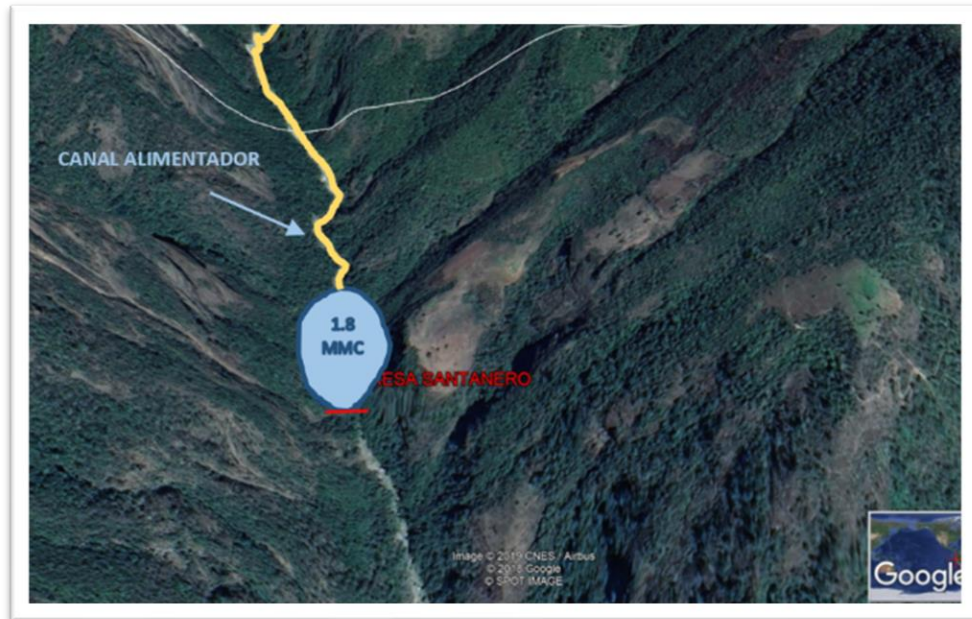


B. Cálculo de la capacidad de almacenamiento

De la simulación de operación del Embalse, tenemos:

VOL. UTIL	1,800,000.00	m ³
=	1.8	MMC

Figura N°17: Volumen útil de la presa



Fuente: Google heart.

C. Capacidad de azolves o vol. de sedimentos:

El volumen de sedimentos lo obtenemos aplicando las ecuaciones empíricas de diversos autores, para un tiempo de retorno de 50 años.

$$\text{Vol. Sedim} = 0.1767 \text{ MMC}$$

$$\text{Vol. Sedim} = 176,746.23 \text{ m}^3 \text{ ó Vol. Muerto}$$

La TOMA se ubicara en la cota: 2,268.50 msnm

D. Volumen muerto del embalse:

$$\text{VOL TOT} = \text{VOL MUERTO} + \text{VOL UTIL}$$

Vol. Total del embalse =	1,897,302.9	m3
	1.90	MMC

E. NAN (NIVEL DE AGUAS NORMALES)

Segun la capacidad del embalse el NAN (cresta del aliviadero) se ubica en la cota:

De la curva altitud - volumen : **2,285** msnm

O por interpolación en el cuadro de volúmenes:

S e	1,927,873.39	→	2,285.00	msnm
	1,897,302.88	→	2,284.83	
	2,805,797.14	→	2,290.00	

F. NAME (NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EXTRAORDINARIAS)

Considerando un transito de avenidas en la que por encima de la cresta del aliviadero pasa una altura de **1.00 m** (altura de súper almacenamiento).

Entonces la cota NAME seria:

Cota NAME = NAN + Hsuperalmacenamiento

= 2286 msnm

G. Borde libre (BL)

conoció las alturas de llenado de la presa, para así poder cumplir con la demanda total, se tuvo un nivel máximo normal de la cota 2288 msnm (diferencia de 2288m.s.n.m. y 2286 m.s.n.m).

olas $h1=0.03227(V * F)^{1/2}$ **Donde :**
 mareas $h2=V^2 * F / 62816 * D$ $h1=$ altura de olas (m)
 choque ol $h3=0.6 * h1$ $V=$ veloc. Max. viento (Km/hr) a 7.5 m sobre el nivel del agua
 $F=$ Fetch (Km), long. mayor del embalse hasta el eje de la presa
 $h2=$ efecto de mareas (m)
 $D=$ prof. media del agua = vol.agua/area espejo
 $h3=$ choque de olas RUN UP
 asentamientos=0.5-1.0 m

$$BL = h1 + h2 + h3 + \text{asentamientos}$$

Datos:

Datos:	$V =$	5.00	m/s
		18	Km/hr
	$F =$	0.85	Km
	$D =$	12.61	m

Entonces:

$h1=$	0.13	m
$h2=$	0.06	m
$h3=$	0.08	m
Asentamientos =	0.50	m
BL=	0.76	m

Para presas pequeñas el bordo libre mínimo es = **1 m** pero para este tipo de presa hemos considerado **2.00m**.

Entonces la cota a la que se ubicara la CORONA de la presa es:

Cota de la CORONA =	Cota NAME + B.L
	2,288

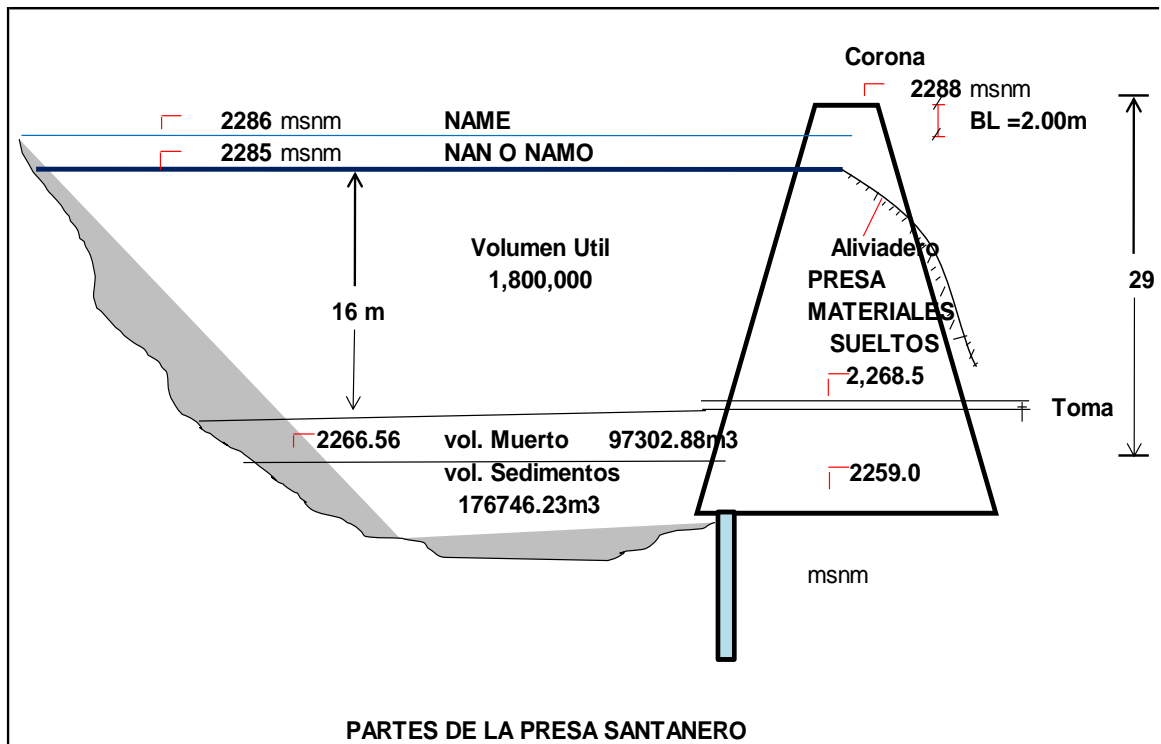
H. Altura total de la presa (h)

Si el eje de la presa (cortina) hasta la profundidad de la cimentación tiene la cota de: **2259.00 m.s.n.m.**

La altura de la PRESA será:

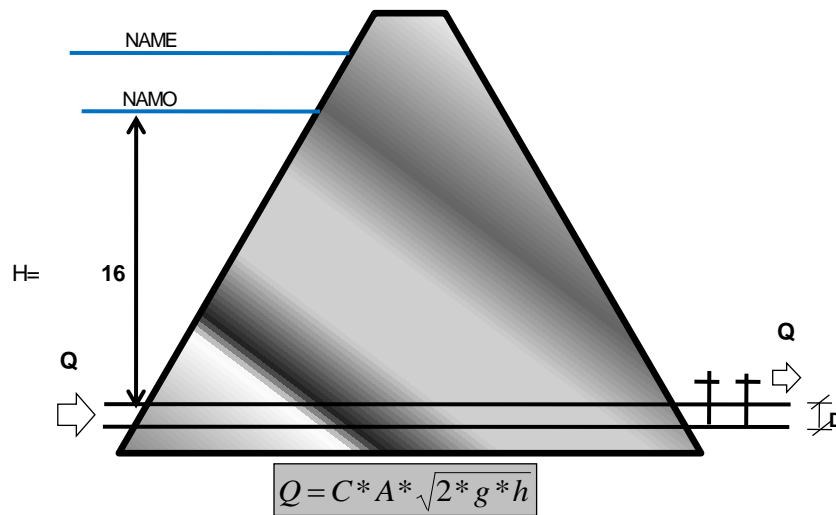
Altura de la Presa (H) =	Cota de la CORONA - Cota de la cimentación
29 m	

Figura N° 18: Presa con todos sus medidas



4.3 Figura N° 19: OBRA DE TOMA DE PRESA SANTANERO

Son conductos que sirven para regular o dar salida al agua almacenada en la presa, para satisfacer la demanda existente.



Donde:

- Q= Caudal de salida (m3/s)
- C= Coeficiente de descarga
- g= Aceleración de la gravedad (m/s²)
- h= Altura de carga de agua (mca)
- D= Diámetro tubería salida (m)
- A= Area del conducto de descarga (m²)

T

A. Calculando Del Diametro De Salida

$$D = \left(\frac{4 * Q}{C * \pi * \sqrt{2 * g * h}} \right)^{0.5}$$

Q=	0.100	m3/s
C=	0.65	
g=	9.81	m/s ²
h=	23.27	mca

El diámetro de salida será:

D=	0.10 m
-----------	---------------

B. Verificando La Velocidad De Salida:

$$Q = V * A \Rightarrow V = \frac{Q}{A}$$

Q=	0.100	m ³ /s
D=	0.10	m
D=	0.20	

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

V=	3.18	m/s
----	------	-----

Velocidad recomendada: 3m/s

C. Calculando la altura de carga con la veloc. recomendada.

$$Q = V * A \Rightarrow V = \frac{Q}{A}$$

Q=	0.100	m ³ /s
D=	0.10	m
D=	0.20	

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

V=	3.18	m/s
----	------	-----

Velocidad recomendada: 3m/s

D. Calculando la altura de carga con la veloc. recomendada.

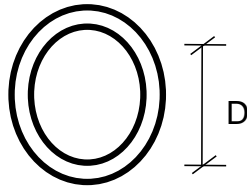
$$h = \left(\frac{4 * Q}{C * \pi * D^2 * \sqrt{2 * g}} \right)^2$$

Q=	0.100	m ³ /s
C=	0.65	
D=	0.20	m
g=	9.81	m/s ²
h=	1.22	m

E. Diametro de la toma

El diámetro de la toma será:

	0.20	
D=	0.20	m
D=	8	Pulgadas



4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA PRESA DE MATERIALES SUELTOS

1. Determinación de los taludes de la presa:

Debido a su núcleo impermeable, se consideró un talud de 1.5:1 aguas arriba.

En cambio, los taludes de agua abajo se consideraron de 1.5:1, ambos se debían tenderse más si al realizar los cálculos de estabilidad, estos fallasen.

ALTURA(M)	TALUD
15	0.5 H:1V
15 30	0.75 H:1V
30 45	1 H:1V
45	1.3 H:1V

2. Protección de los paramentos

A. Aguas arriba

Con los datos obtenidos en la Ola, pudimos obtener un rango de oleaje de 2 a 4. Por lo cual se tuvo consideración, el realizar una protección de a base de rocas de 13 pulgadas y un espesor de 20 pulgada, establecido por Sherard et al (1963). En cambio, ahí mismo consideran un espesor de 30 pulgadas, por lo cual su enrocamiento para el espesor será de 15" a 24".

Entonces, para poder cumplir la resistencia de oleaje, usaremos rocas de 2.62 ton/m³ respecto a su peso específico, las cuales son las rocas ígneas.

Para la transición, utilizaremos de la grava que quede retenido en el tamiz de 2", lo que corresponde a 20% del total.

Como el viento es escaso, consideramos un oleaje mínimo, por lo cual optaremos por una pantalla de concreto, además que estas causan una mayor presión en los cimientos.

B. Aguas abajo

Considerando que es una zona semiárida, y considerando que existe épocas de escasez, se descartó el uso del elemento para vegetación. Por eso, de 10 pulgadas de espesor considerando también de menor espesor (6.5") debido a la ausencia de oleaje en el talud.

3. Coronación:

Se fija este ancho para aumentar el volumen de la presa y por consiguiente su estabilidad; las resistencias de esta parte contra los deterioros ocasionados por el oleaje y para establecer los servicios que sean necesarios sobre la presa.

En ciertos códigos de presa se han fijado como anchos mínimos en la corona, los siguientes:

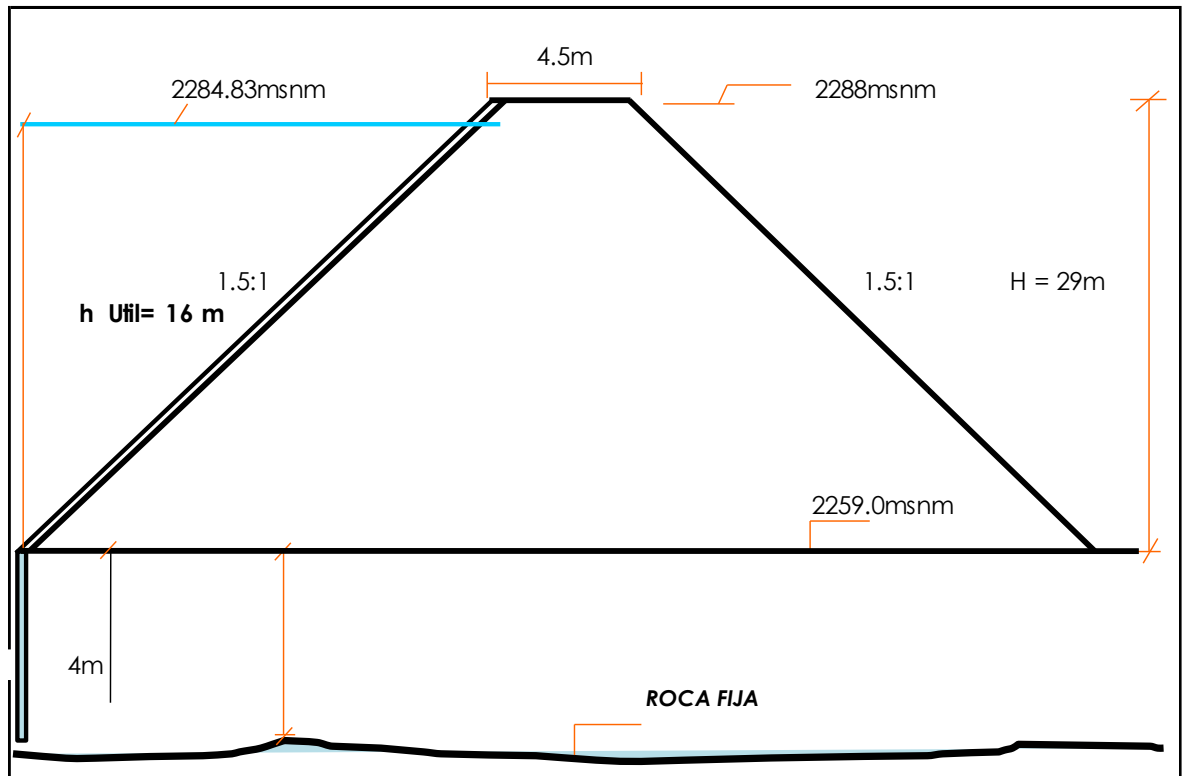
Presas hasta de 12 m de altura	3.0	m
Presas hasta de 30 m de altura	4.5	m
Presas hasta de 45 m de altura	6.0	m

Debido a que este cálculo fue completo e interactivo, se hizo uso de aproximaciones con la ecuación de "Design of Small Dams (Bureau of Reclamation, 2012)".

$$Lc = 1 + 1.1\sqrt[3]{H}$$

Con esa fórmula obtuvimos que la coronación tenga un ancho de **4.5 metros** (según Bereau), que es permisible con el proyecto.

4. Figura N° 20: Dimensiones de la Presa



5. Cimentación

Al ser una construcción nueva es necesario realizar un estudio de suelo para la cimentación, resaltando la retirada de los materiales perjudiciales del cauce del río y el desbroce de la zona. En el estudio, en su perfil de perforación se pudo observar que los materiales que lo conforman son granulometría gruesa con roca blanda.

Hasta los 04 metros de excavación, se destaca la arena; pero excavando más sobresale la grava, bolones y bloques.

6. Núcleo

El núcleo que se considera es pequeño en comparación al de la Figura 1

del Anexo 1, debido a que las medidas consideradas reducirían las filtraciones por cimentación si es requerido. Por esto consideramos las dimensiones de 16.4 pies (4.5 m) de anchura para la coronación y 1.5H:1V en cuanto al talud.

El ancho horizontal del núcleo es considerado con 2.5 metros, con una altura considerable para evitar las filtraciones en tiempos de lluvias. También para el problema que ocurre al congelamiento de las arcillas, debido a que las temperaturas suelen llegar a 0°C. Por ello, la cota aumentara su altura hasta 2288 msnm.

7. Drenaje superficial

Se consideró el uso de cunetas debajo de los estribos y en los taludes de agua abajo. Con ello se considera conducir hasta el cauce del río de aguas abajo. También se consideró el uso de cunetas en forma triangular, a las cuales no se les considera el revestimiento de 30 cm en su anchura. También para la coronación se le considera un drenaje con un bombeo transversal hacia aguas arriba, para aprovechar al máximo este elemento.

4.5 Análisis de estabilidad de taludes presa

El cálculo se efectuará basados en la teoría del equilibrio límite según el método de Bishop simplificado, para planos de deslizamiento circulares, que representa el método ampliamente utilizado para el análisis de la estabilidad de taludes de las presas terraplenadas. En este método se obvia la influencia de los componentes verticales entre las láminas en el cálculo del factor de seguridad. El error cometido de esta manera, con respecto a otros métodos en los que se satisfacen todas las condiciones del equilibrio de fuerzas en el plano, es despreciable, por lo que los resultados obtenidos mediante este método resultan ser del todo correctos y aceptables.

1. Datos de cálculo

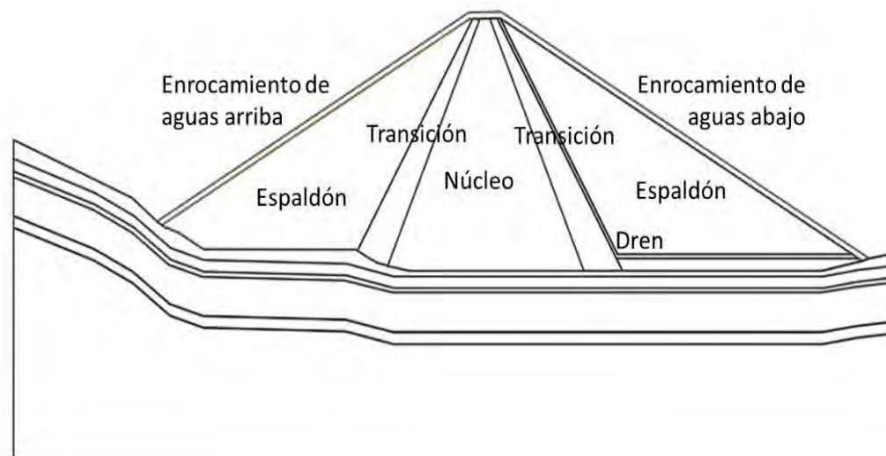
Ahora para el análisis de la estabilidad de la presa, y usando estos valores

brindados por la mecánica suelos, vamos a utilizar el programa de computadora software Geo Studio versión 6.0, en el cual podemos utilizar una diversidad muy amplia de métodos para este análisis, pero en nuestro análisis utilizamos el de Bishop simplificado.

Para este análisis, tomaremos en cuenta lo visto en la sección de tipos de presa a construir, esto se aprecia en la figura 21:

Figura N° 21.

Sección transversal a analizar

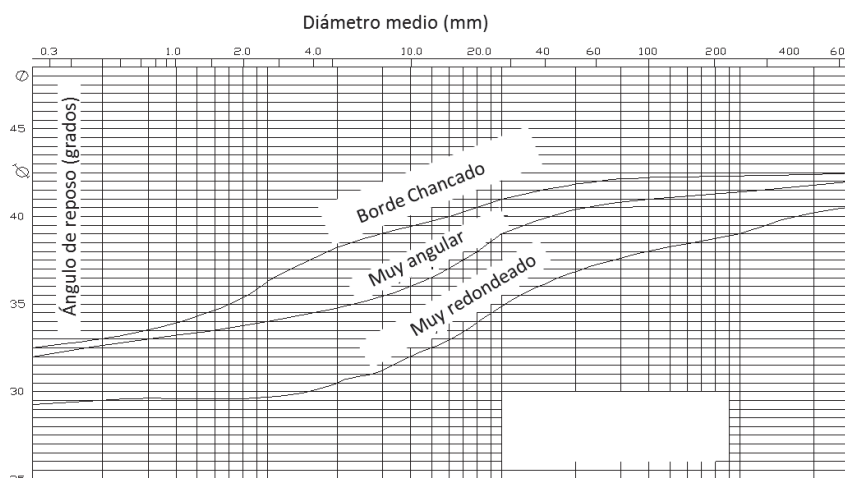


Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el talud de aguas arriba, tiene una protección a base de rocas de 13" de diámetro y el de aguas debajo de 6.5". Teniendo también un equivalente de 40.3°. también se tiene conocimiento que se recomienda un coeficiente de esponjamiento de 1.2 (como media) esto se da entre la densidad de la roca y la roca colocada. Conociendo el peso específico de la roca, la cual es de 24.7 KN/m³, con ello se deduce que el de la roca a colocar será de 18.4 KN/m³.

Ábaco 01:

Ángulo de fricción según forma y diámetro del enrocamiento.



Fuente: Rojas, H. (2004)

También se tuvo de determinar las propiedades del mismo subsuelo.

Tabla N° 27.

Valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno en función del SPT

TIPO DE SUELO Y GOLPES DE SPT	Cohesión (KPa)	Ángulo de rozamiento interno (°)
SUELOS COHESIVOS		
Muy blandos (SPT < 2)	12	0
Blandos (2-4)	12-24	0
Firmes (4-8)	24-48	0
Rígidos (8-15)	48-96	0
Muy rígidos (15-30)	96-192	0
Duros (>30)	192	0
SUELOS GRANULARES		
Sueltos (<10)	0	28
Medios (10-30)	0	28-30
Densos (>30)	0	32
SUELOS INTERMEDIOS		
Sueltos (<10)	4.8	8
Medios (10-30)	4.8-48	8-12
Densos (>30)	48	12

Fuente: Department of the Navy (1982)

Tabla N° 28.

Propiedades mecánicas de los estratos del subsuelo en la zona del eje de la presa

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS CAPAS DEL SUBSUELO						
Profundidad (m)	SUCS	Litología	Peso específico (KN/m ³)	Nspt	c (Kpa)	Ø (°)
0.00 - 1.20	Roca blanda	Toba redepositada compacta. Impermeable	14.5	-	8.75	34.3
1.20 - 3.80	SP	Arena suelta de grano grueso. Permeable	13.6	Rechazado	0.00	30
3.80 - 4.80	SM	Arena suelta. Semi permeable	14.7	Rechazado	0.00	30

4.80 – 14.00	SP	Arena suelta de grano medio a grueso, con 10% de grava media. Permeable	13.5	Rechazado	0.00	30
14.00 – 16.80	GP - GW	Bloques y bolones centimétricos y métricos de andesitas de forma angulosa, en matriz de limos arenosos compactos. Semi permeable a impermeable	17.7	Rechazado	18.71	35
16.80 - 20.80	GP - GW	Cantos y gravas sueltas de andesitas de forma angulosa, en matriz areno limoso. Semi permeable	18.6	Rechazado	46.50	11
20.80 – 50.00	GP - GW	Bloques y bolones centimétricos de andesitas de forma angulosa, en matriz de arena limosa. Semi permeable a permeable	18.4	-	13.26	28.45

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo un acercamiento a los parámetros que faltan de acuerdo a la correlación de “Karol (1960)”, lograremos obtener del subsuelo sus propiedades mecánicas, como se ve en la Tabla N° 31; en la parte de azul que se tienen de la zona y los blancos los que asumimos por otras investigaciones que se realizaron. En esta tabla existe valores que podrían llevar a la controversia, aunque en la parte de la cohesión y los ángulos de fricción se obtuvieron a partir por medio de directrices por la tabla 30.

Aunque tenemos de conocimiento, que estos datos no son reales sino asumidas, pero las utilizamos para ingresarlos al programa de Geostudio©.

2. Figura N° 22: Analisis Estatico.

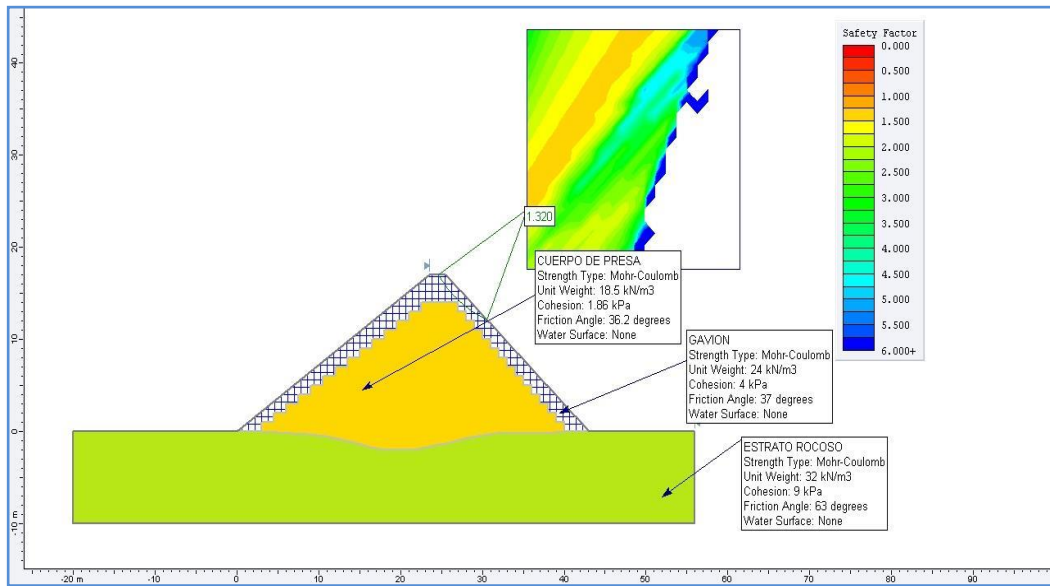
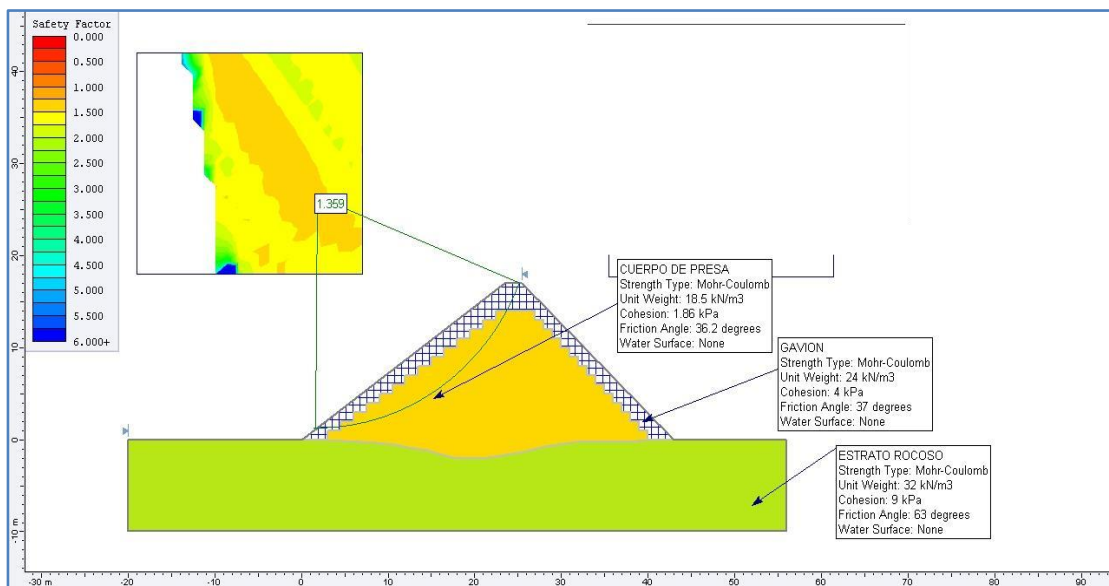


Figura N° 23



3. Figura N° 24: Analisis Pseudoestatico.

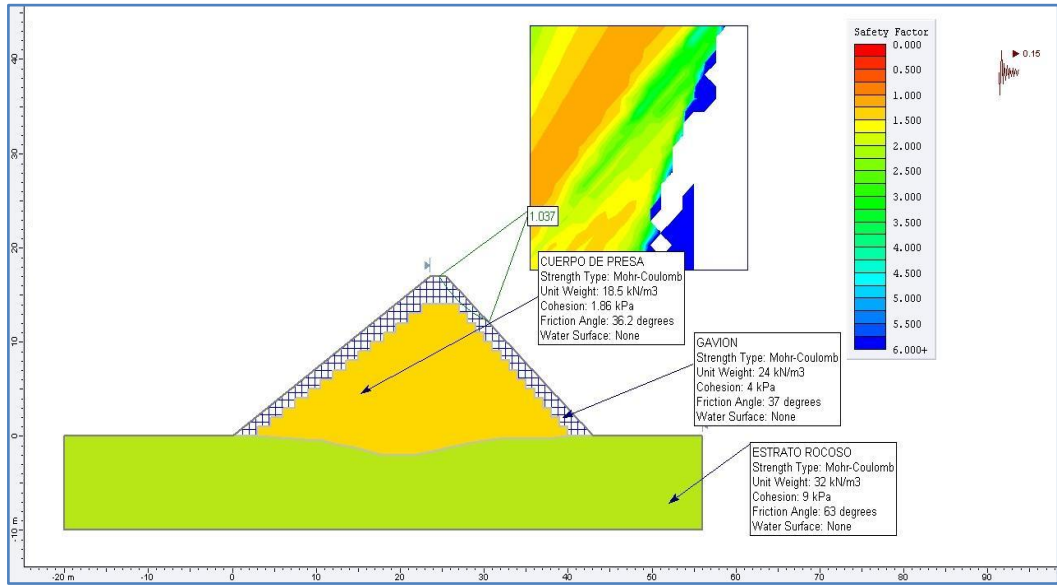
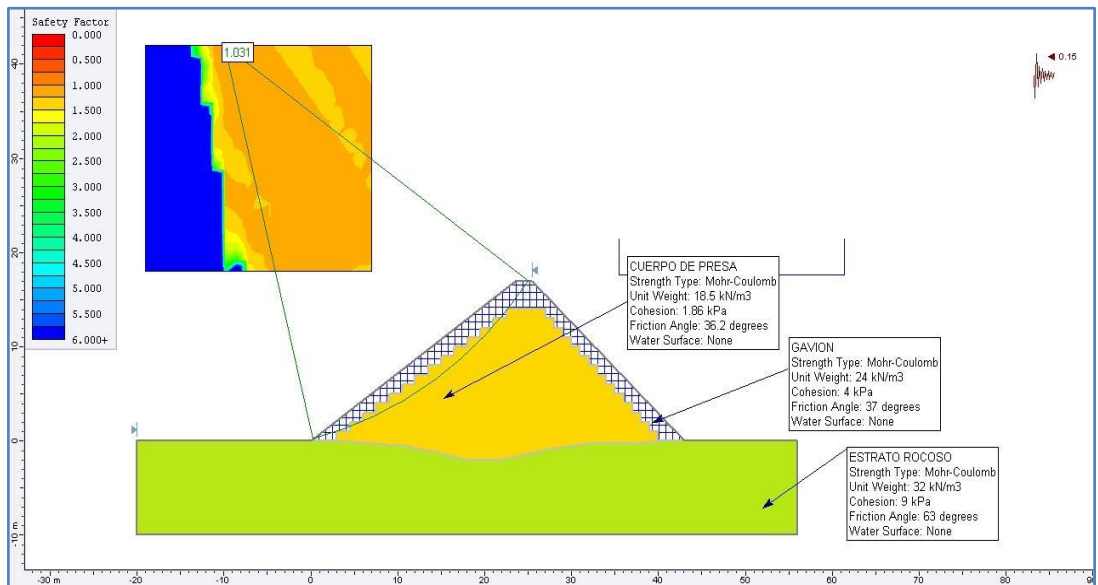


Figura N° 25:



4. Figura N° 26: Analisis Estatico Descarga Rapida.

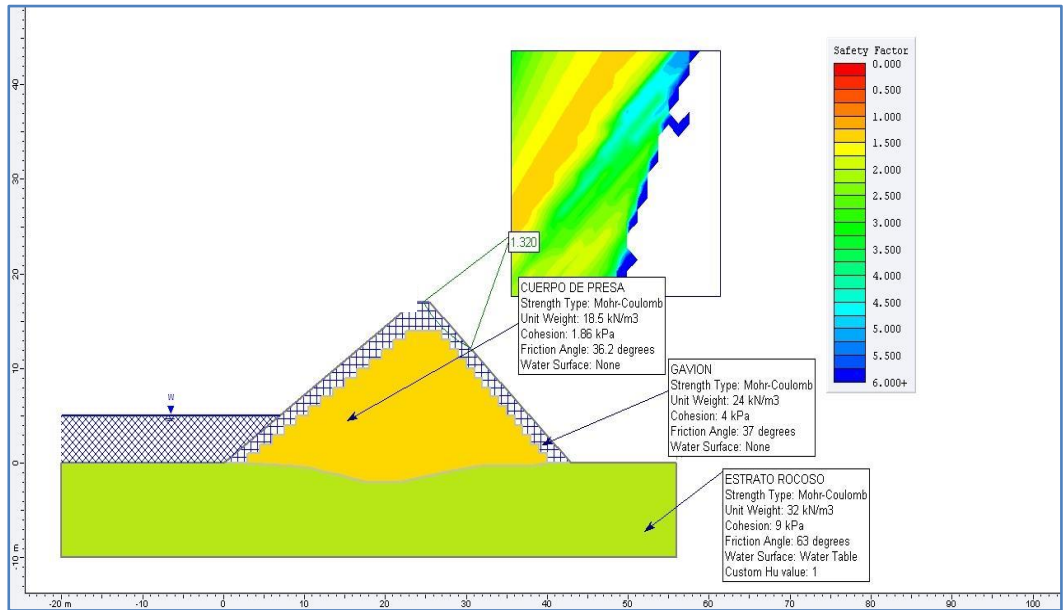
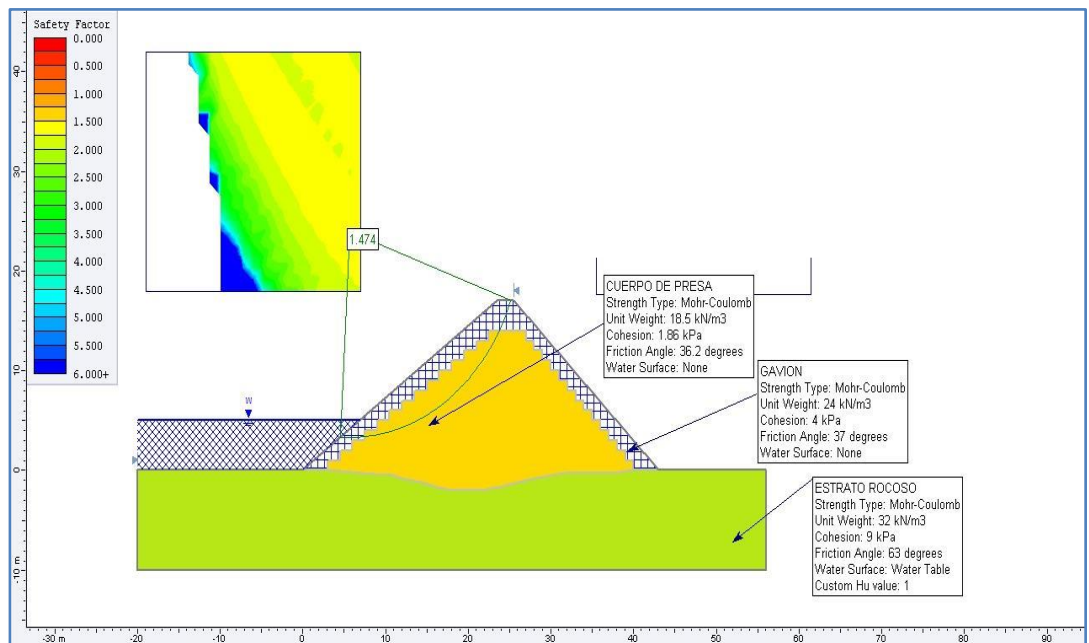


Figura N° 27:



5. Figura N° 28: Analisis Pseudoestatico – Descarga Rapida

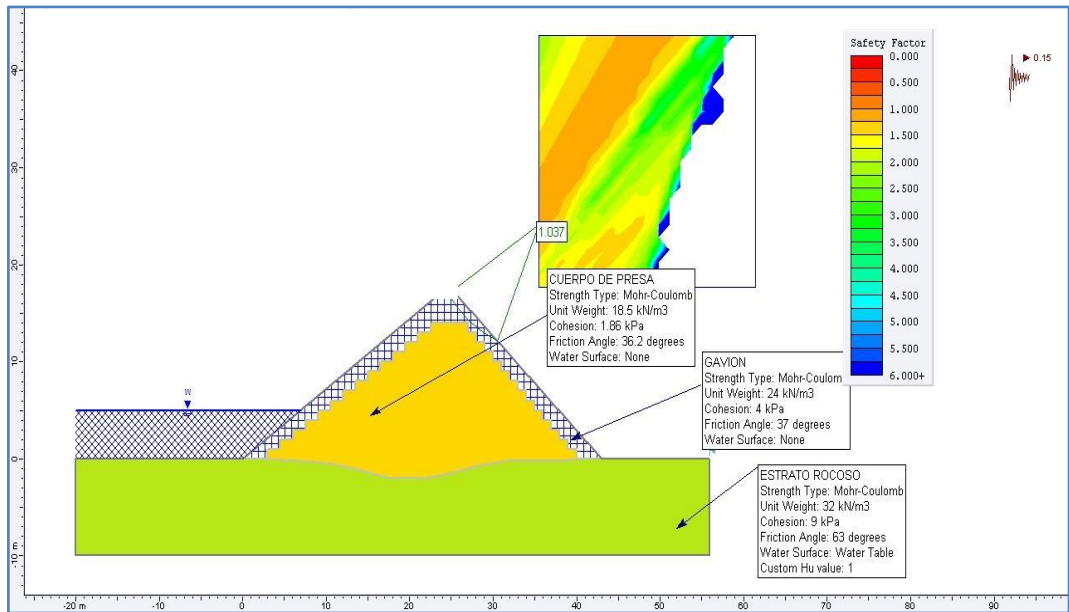
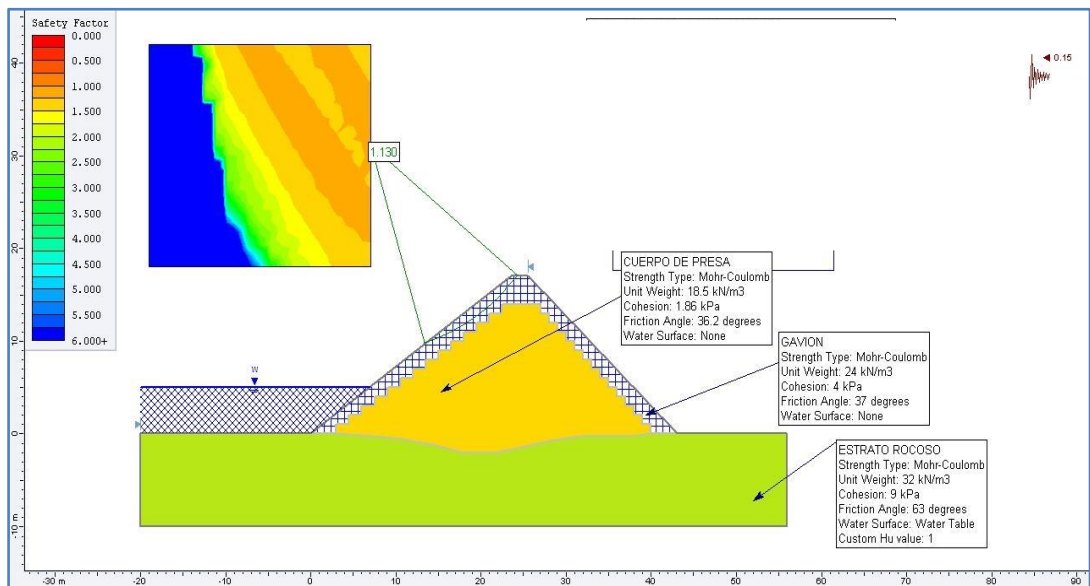


Figura N° 29:



6. Figura N° 30: Analisis estico – Presa Llena.

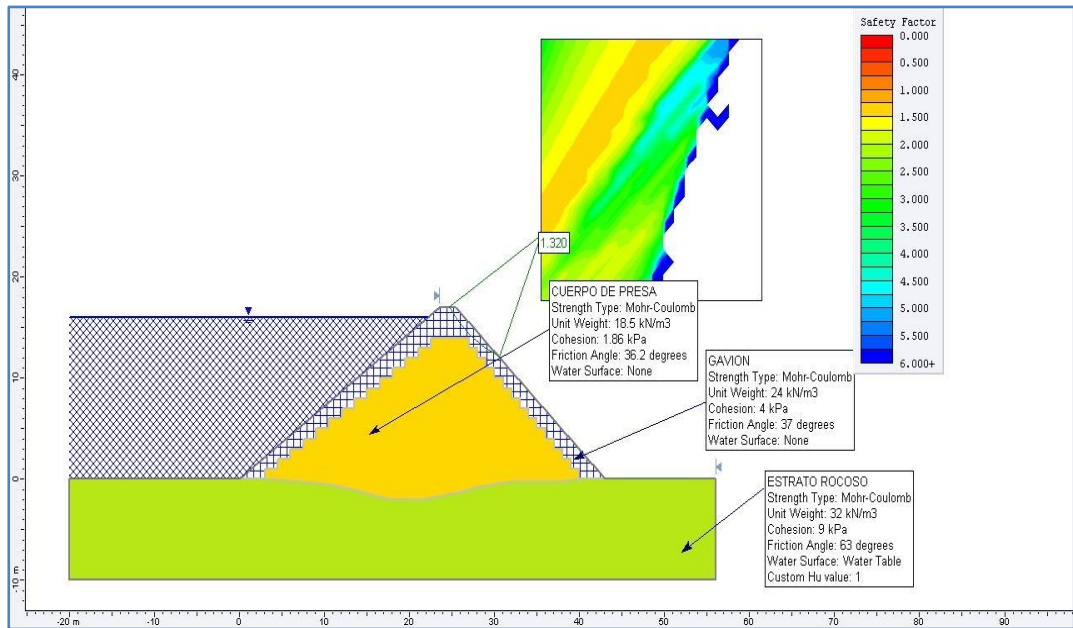
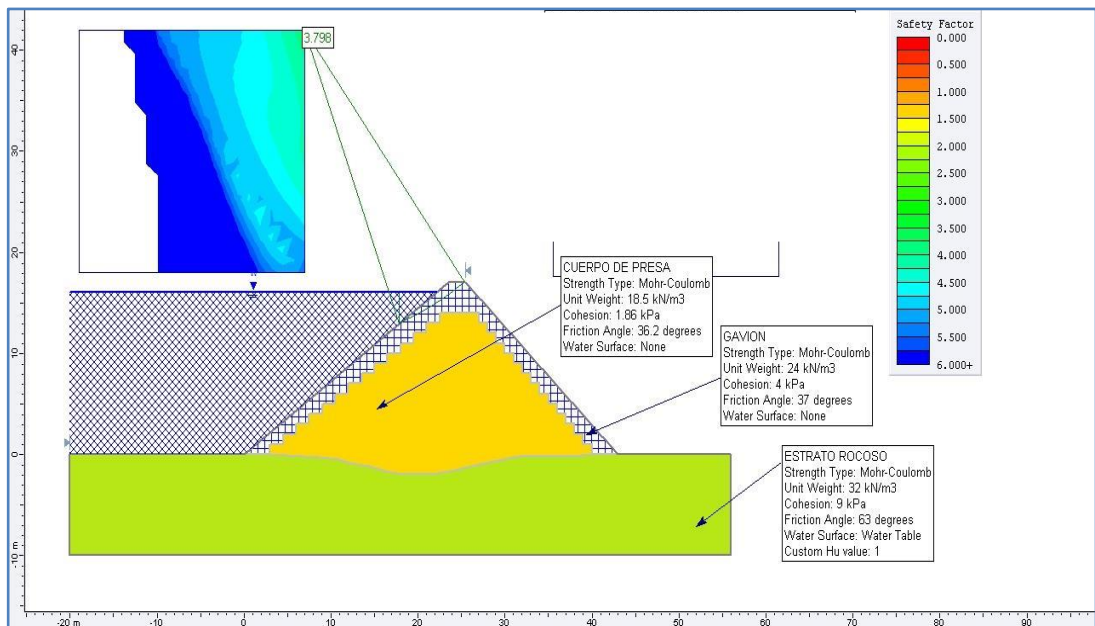


Figura N° 31:



7. Figura N° 32: Analisis Pseudoestatico – Presa Llena.

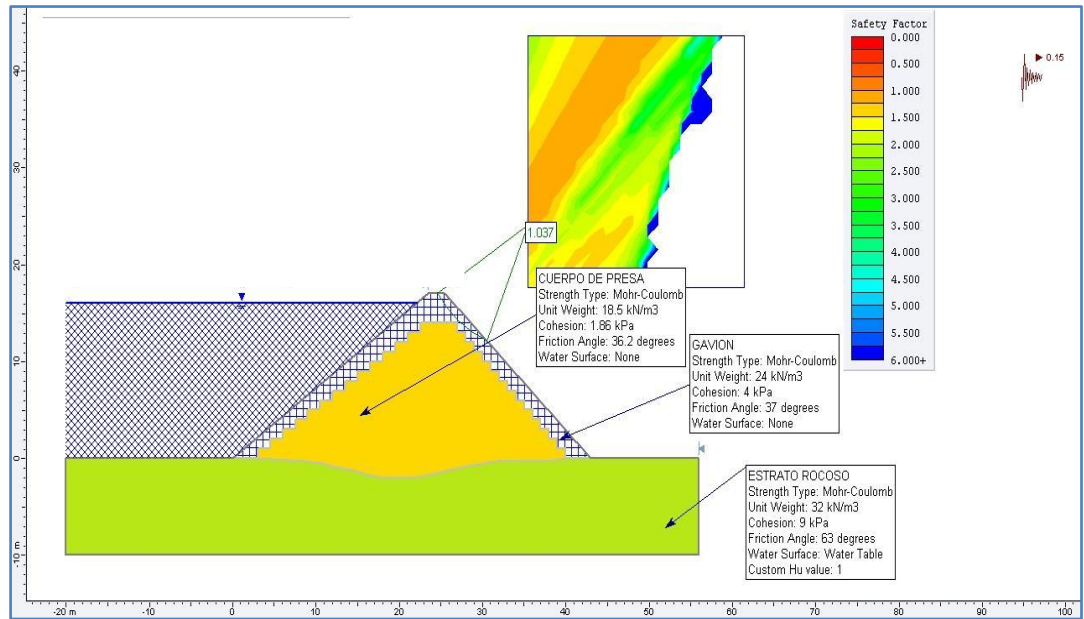
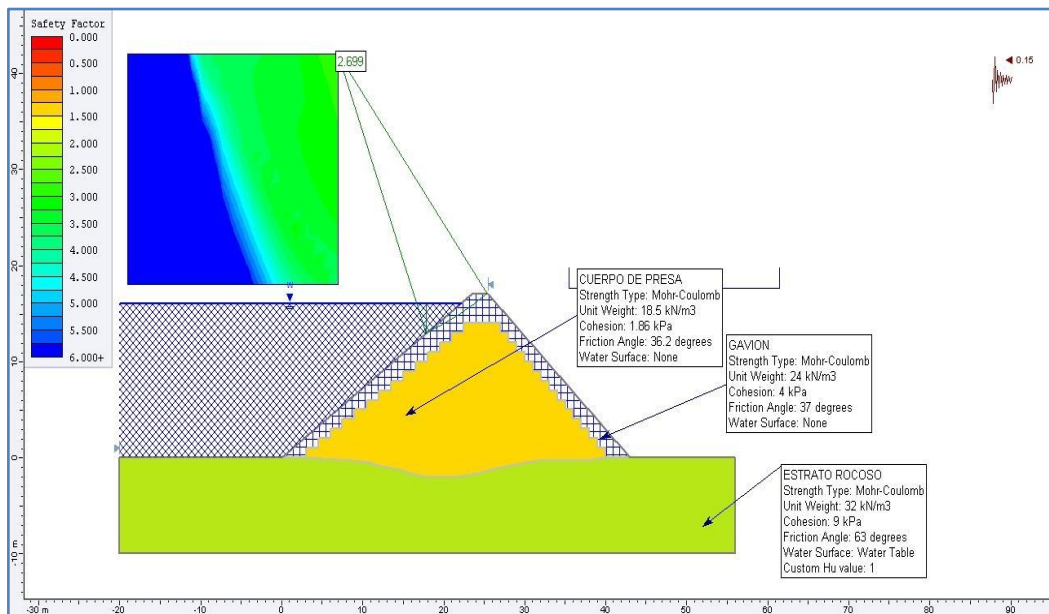


Figura N° 33:



8. Resumen de Resultados:

CUADRO N° 29: Presa aguas arriba

	AGUAS ARRIBA					
	ANALISIS ESTATICO			ANALISIS PSEUDOESTATICO		
	Presa Vacía	Presa Llena	Descarga Rápida	Presa Vacía	Presa Llena	Descarga Rápida
Bishop	1.359	3.798	1.474	1.031	2.699	1.130

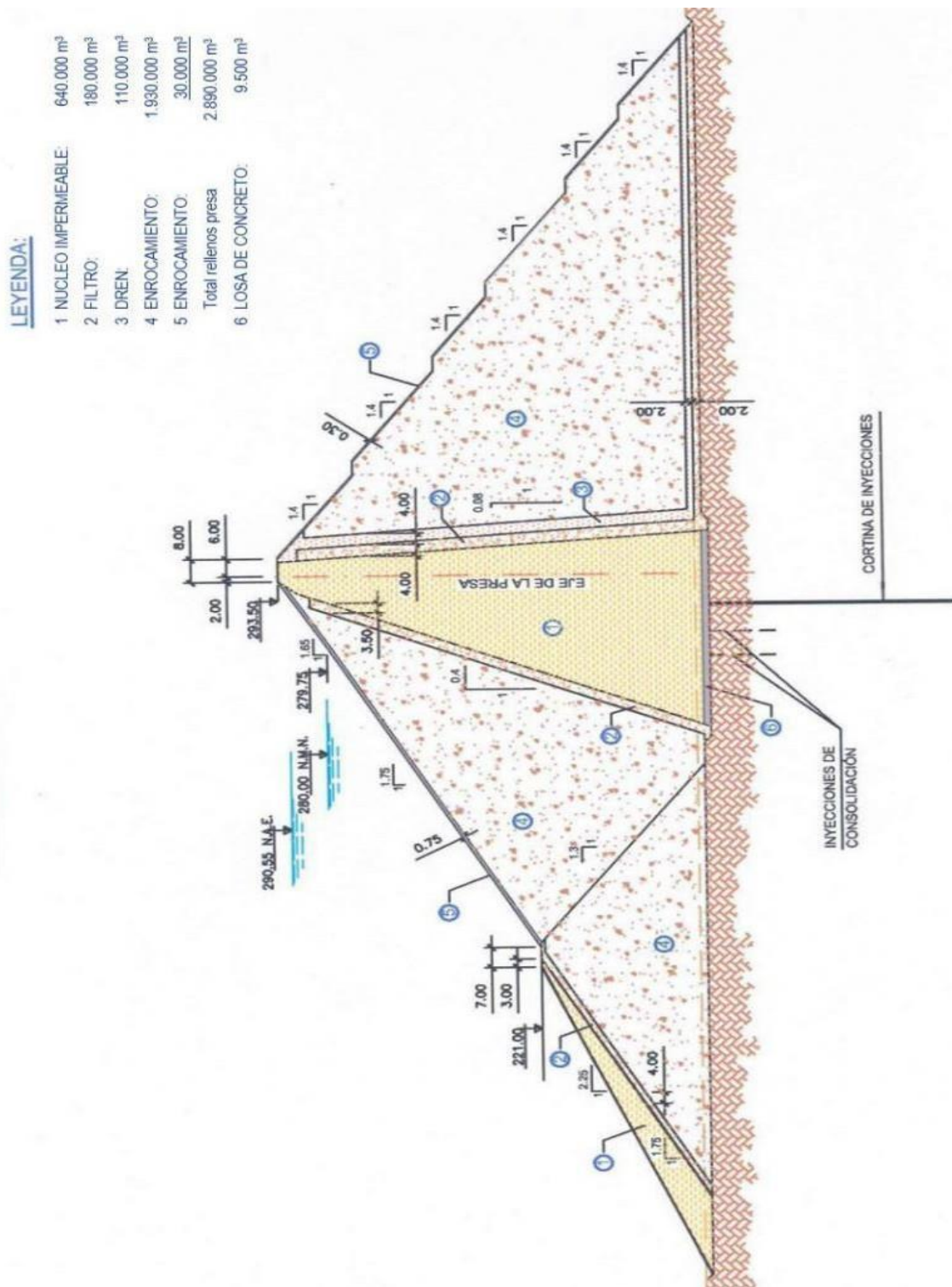
CUADRO N° 30: Presa aguas abajo

	AGUAS ABAJO					
	ANALISIS ESTATICO			ANALISIS PSEUDOESTATICO		
	Presa Vacía	Presa Llena	Descarga Rápida	Presa Vacía	Presa Llena	Descarga Rápida
Bishop	1.359	1.230	1.320	1.037	1.037	1.037

Como se puede apreciar, tanto en las figuras y haciendo una comparación entre los cuadros 01 y 02, todos nuestros factores de seguridad son mayores a los mínimos factores de seguridad permitidos, por lo cual no debemos hacer ninguna modificación y se puede concluir que la presa es estable.

Ilustración 34.

Sección Tipo de Presa de materiales sueltos sobre el río Santanero.
Cuenca Rio Chicama. Cajamarca



Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

1. La topografía del embalse es de tipo ondulada con muchos relieves accidentados provistos de fuertes pendientes.
2. Para poder llevar a cabo la construcción de una presa de materiales sueltos sobre el río Santanero, en la Región de Cajamarca, primeramente, es necesario realizar una serie de estudios y/o procesos para tener un amplio conocimiento de cómo y dónde se realizará la presa. Para ello, mediante la utilización de diferentes materias y herramientas, la presa deberá ser segura tanto hidrológica como estructuralmente.
3. Se debe realizar los estudios imprescindibles como son:
 - 2.1. Estudio hidrológico de la zona de estudio:
 - 2.2. Verificación de la seguridad estructural: Estabilidad de taludes.
 - 2.3. Mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.
3. Se puede observar la existencia de canteras con materiales que tienen propiedades para resistir la impermeabilidad y los esfuerzos, comprobando que las presas de materiales sueltos son buenas.
4. La aplicación de software GeoStudio nos permitió encontrar la falla en la presa, esto debido que es un software completo sobre análisis de estabilidad de taludes, contando con las funciones necesarias para poder analizar cualquier tipo de sección de presa en este caso compuesto por materiales sueltos (piedra, arcilla, piedras y otros).
5. Al realizar los cálculos de estabilidad, obtuvimos buenos resultados, los cuales nos ayudaron para comprobar el factor de seguridad.
6. Las presas de tierra son las más utilizadas por que son de menor costo y se pueden utilizar los materiales existentes en la zona sin procesamiento o con un mínimo procesamiento, y pueden ser reparadas en el futuro, en caso sufriere al daño, porque la pendiente de los taludes están diseñados para garantizar la estabilidad de soportar cualquier movimiento de tierra.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Siguiendo las recomendaciones de USBR, entendemos que un talud de 1.5H:1V es el mejor para este tipo de presas. Por ello los análisis partieron de esto, en aguas arriba como en aguas abajo. Pero en las zonas sísmicas, como la del estudio, se comprobó que en aguas arriba los taludes deben ser más, ya que este es más susceptible a tener una falla, esto se debió a su combinación del sismo con el desembalse rápido, las cuales son comunes en los embalses que se realizaron en este estudio.
- 6.2.** En cuanto a los programas de cálculo, deben ser utilizados con cuidado, ya que, al no tener conocimiento en lo teórico y el uso adecuado del programa, esto nos llevara a obtener resultados con errores, lo cual provocaría consecuencias terribles al momento de llevarlos a campo.
- 6.3.** En cuanto al diseño completo, se debe considerar también las laderas de todo el embalse y no solo la estabilidad del eje. Porque al realizarse un deslizamiento de un talud del embalse, esto podría producir una ola lo suficientemente grande para provocar daños aguas abajo.
- 6.4.** No obstante se recomienda utilizar la experiencia de otros países y también se debe considerar que las presas de tierra se encuentran sometidas a la acción constante de la naturaleza, a los cambios de clima y algunas u otras razones que puedan afectar su funcionamiento, es por esto, que los ingenieros deben hacer un estudio con anterioridad de las fallas de otras presas de tierra y en base a estas fallas rediseñar para obtener un mejor diseño y obtener el buen funcionamiento de la misma.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2018). Necesidad de embalses en la cuenca del Rio Chicama.
- ALIAGA ARAUJO Vito (2016). Tratamiento de datos hidrometeorológicos, Lima.
- CAMPOS, A. (2017). Procesos del ciclo hidrológico: Infiltración. UASLP. San Luis Potosí, México. 132 p.
- CEPEDA, L. (2017). Procesos de hidrología: Método de Kirpich (1940) de tiempo de concentración. México, Editorial Armendaris. 368 p.
- CHEREQUE MORAN Wendor (2016). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, obra auspiciada por CONCYTEC, Lima, Perú, 223 pp.
- DÍEZ CASCÓN J., (2015). Curso de Especialización en Ingeniería de Presas. Universidad de Cantabria
- ESTRELA Teodoro (2016), Metodología y recomendaciones para la evaluación de los recursos hídricos. Centro de Estudios Hidrográficos – Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, Madrid España. 52 p.
- FAO (2016), Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 56. Roma, 301 p.
- GARCIA VILLANUEVA Jerónimo (2017), Principios físicos de Climatología, Lima, Perú 243 p.

- GOMEZ LORA Walter (2016), Primer curso nacional de recursos hídricos, Lima. Perú
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis; FERRER Mercedes, ORTUÑO, Luis &
- OTEO Carlos .(2004). Ingeniería Geológica. (Pearson Educación S.A.
- GUEVARA, E. y CARTAYA, H. (2013). HIDROLOGIA. Una introducción a la ciencia Hidrológica Aplicada. GUECA EDICIONES. Valencia, Venezuela, 358p.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES – INRENA (2018), Estudio básico situacional de los recursos hídricos del Perú, Lima.
- KROCHIN SVIATOSLAV, (2014). Diseño Hidráulico. Ed. MIR, Moscú.
- MARSAL R. & RESÉNDIZ, D. (2017). Presas de Tierra y Enrocamiento. Edit. Limusa. México.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. ANA (2015). Estudio,
- evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del rio chicama
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2017). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Rimac (Lima, Perú)
- MONSALVE, E. (2012). Hidrología en la Ingeniería: Evapotranspiración. Editorial Alfaomega. Ed 2. México. 382 p
- ONERN (2010) “Inventario, evaluación y uso racional de los recursos hidricos naturales de la costa”- Cuenca del río Chicama – volumen I,

Lima – Perú, 502 pag.

- ONU. 2018. Fenómeno El Niños y los damnificados en el Perú.
- RAZKAZOV ET AL, (2012). Estructuras Hidráulicas. Moscú (Rusia). Ed. Asociación de Entidades de Educación.
- REDNAMAC (2010) Compendio de Ponencias del III Encuentro de la red nacional de manejo de cuencas, Cajamarca – Perú167 pág.
- RIVAS GARCÍA Victoria (2015). Técnicas experimentales en hidráulica - Control hidráulico en presas de materiales sueltos.
- RUIZ VÁZQUEZ Mariano & GONZÁLEZ HUESCA Silvia (2014). Geología Aplicada a la Ingeniería Civil. Edit. Limusa.Mexico.
- SAGARPA, (2012). Obras de toma para aprovechamientos hidráulicos. Subsecretaría de Desarrollo Rural y Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. México.
- SÁNCHEZ SAN ROMAN, J. (2011), El agua en el suelo. [Web.usual.es/~ javisan/hidro/temas/T040](http://Web.usual.es/~javisan/hidro/temas/T040)
- SIAR, (2010). Metodología – Determinación de la evapotranspiración de referencia (Eto). Universidad Castilla la Mancha – servicio Integral de Asesoramiento al regante.
- Visión Mundial, (2012). Manual de Manejo de Cuencas: Trabajando con Enfoques y Cuencas Hidrográficas. San Salvador- El Salvador. Serie 1. p. 4-5.
- ZER GEOSYSTEM PERÚ, (2016). Visita especializada de campo para la optimización de la presa Callazas. Candarave, Tacna (Perú)
- Presas de materiales sueltos <https://ingeniero-de->

caminos.com/presas-de-materiales-sueltos/

VIII. ANEXOS

8.1. Fotos de estudio en campo.



Fuente: Vista del Rio santanero en época de Verano



Fuente: Terrenos sin siembra en época de verano



Fuente: Terrenos sin siembra en época de verano de la zona de estudio.



Fuente: Rio santanero



Fuente: Ha espalda esta Rio santanero.



Fuente: En época de verano no hay agua.

8.2. Datos caudales del rio chicama

Tabla N° 48: Caudal del Rio Chicama

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1960	1.47	4.26	7.57	2.33	0.58	0.46	0.41	0.35	0.24	0.20	0.17	0.13	1.51
1961	7.34	5.28	8.30	8.73	0.72	0.62	0.54	0.43	0.32	0.24	0.19	0.89	2.80
1962	8.03	10.82	17.87	5.67	1.09	0.75	0.65	0.52	0.43	0.34	0.25	0.22	3.72
1963	0.32	2.44	9.41	7.38	0.80	0.39	0.36	0.34	0.21	0.20	0.18	1.62	1.97
1964	0.30	3.25	6.42	4.32	0.90	0.50	0.43	0.35	0.27	0.19	0.27	0.19	1.45
1965	0.29	1.02	8.86	3.07	0.67	0.23	0.24	0.20	0.18	0.15	0.14	0.16	1.27
1966	3.61	2.24	2.73	0.33	0.32	0.26	0.26	0.25	0.14	0.37	0.10	0.07	0.85
1967	2.59	18.73	12.86	2.62	0.64	0.24	0.37	0.24	0.14	0.64	0.19	0.16	3.25
1968	0.18	0.13	0.63	0.34	0.10	0.07	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.14
1969	0.04	0.10	2.06	1.58	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	2.23	0.53
1970	13.77	0.15	1.44	1.74	2.10	0.60	0.59	0.39	0.27	0.32	0.79	0.67	1.90
1971	0.53	2.41	12.84	7.98	3.82	1.98	1.40	1.35	0.81	0.19	0.26	2.65	3.02
1972	3.85	5.22	31.68	9.37	2.53	1.14	0.76	0.60	0.36	0.30	0.37	3.82	5.00
1973	10.27	2.25	11.81	9.90	1.84	0.61	0.65	0.61	0.45	0.88	0.61	3.84	3.64
1974	6.84	11.79	10.00	1.79	0.71	0.53	0.50	0.44	0.07	0.04	0.04	0.03	2.70
1975	0.59	1.82	27.87	2.55	0.93	0.42	0.30	0.21	0.20	0.15	0.10	0.10	2.94
1976	1.26	2.55	3.97	1.57	0.36	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.87
1977	0.44	10.28	5.68	2.40	0.53	0.21	0.15	0.12	0.08	0.08	0.08	0.08	1.65
1978	0.08	0.55	0.68	0.23	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.15
1979	0.03	1.12	17.03	3.33	0.10	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.80
1980	0.03	0.03	2.65	0.19	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.89	0.68	0.02	0.38
1981	0.79	16.33	6.54	1.05	0.21	0.19	0.16	0.15	0.11	0.06	0.13	0.17	2.16
1982	1.90	8.27	0.72	0.56	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.99	2.79	1.25
1983	15.41	9.57	71.65	72.77	21.30	8.73	2.77	0.64	0.28	0.24	0.14	2.42	17.16
1984	2.63	42.81	33.48	9.97	6.55	1.18	0.28	0.12	0.05	2.00	0.22	0.23	8.25
1985	0.05	2.60	3.61	0.58	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.60
1986	0.54	4.71	7.89	5.87	1.90	0.93	0.59	0.29	0.17	0.10	0.10	0.13	1.94
1987	8.77	11.07	11.93	0.66	0.37	0.18	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	2.75
1988	1.21	9.01	1.81	3.00	0.34	0.14	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	1.31
1989	3.65	9.27	13.48	6.62	2.28	0.81	0.42	1.16	0.75	2.55	1.14	0.85	3.58
1990	2.88	2.81	2.29	1.30	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	1.60	1.27	2.17	1.20
1991	2.43	3.26	10.88	2.94	1.35	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.34	0.92	1.86
1992	1.39	0.85	2.29	2.01	0.25	0.01	0.02	0.03	0.03	0.30	0.10	0.30	0.60
1993	0.39	4.57	3.89	0.98	0.28	0.09	0.24	0.21	0.14	0.37	1.50	2.19	1.24
1994	4.52	11.71	22.48	19.10	9.58	0.32	0.30	0.04	0.03	0.38	0.36	1.04	5.80
1995	1.09	3.93	1.58	2.05	0.43	0.01	0.22	0.20	0.13	0.37	0.26	0.74	0.90
1996	3.94	10.47	13.81	14.70	4.23	0.47	0.23	0.11	0.16	0.37	0.36	1.04	4.16
1997	0.26	1.89	0.50	0.50	0.14	0.04	0.22	0.20	0.13	0.37	0.10	8.73	1.05
1998	23.46	66.97	80.86	29.13	6.53	3.97	1.44	0.89	0.47	0.25	0.31	0.35	17.85
1999	4.77	39.82	14.73	6.50	4.02	2.26	1.47	0.95	0.12	0.37	0.36	1.90	6.44
2000	2.24	18.22	33.37	11.90	10.66	2.33	0.50	0.20	0.32	0.28	0.32	0.40	6.70
SUMA	142.18	364.58	540.15	269.61	89.42	31.10	17.11	12.22	7.64	15.29	12.82	43.56	
MEDIA	3.47	8.89	13.17	6.58	2.18	0.76	0.42	0.30	0.19	0.37	0.31	1.06	
D.S	4.88	13.11	17.07	12.08	3.97	1.50	0.53	0.32	0.18	0.53	0.35	1.63	
C.VARIAC	1.41	1.47	1.30	1.84	1.82	1.98	1.26	1.07	0.99	1.42	1.13	1.54	
MAXIMO	23.46	66.97	80.86	72.77	21.30	8.73	2.77	1.35	0.81	2.55	1.50	8.73	
MINIMO	0.03	0.03	0.50	0.19	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	

Fuente: SENAMHI