

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INFORME DE TESIS

“Evaluación estructural preliminar de la Bocatoma Chuschuco – Tacna”

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bachiller Verónica Aída Debernardi Borda

Bachiller Sonia Milagros Flores Castillo

TACNA – PERU

2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS DE INVESTIGACIÓN

“Evaluación estructural preliminar de la Bocatoma Chuschuco –
Tacna”

Tesis sustentada y aprobada el 06 de abril del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

Mgr. Ing. Edgar Hipólito Chaparro Quispe

SECRETARIO

Mgr. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramírez

VOCAL

Mgr. Ing. Cesar José Avendaño Jihuallanga

ASESOR

Mgr. Ing Dina Marlene Cotrado Flores

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo **Verónica Aida Debernardi Borda**, en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **70841769**.

Yo **Sonia Milagros Flores Castillo** en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **71317914**.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autoras de la tesis titulada:

“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA BOCATOMA CHUSCHUCO-TACNA”, la misma que presento para optar: **EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, no hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de

ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

TACNA, 05 de Abril del 2018

.....
Br. DEBERNARDI BORDA, VERÓNICA AÍDA
DNI: 70841769

.....
Br. FLORES CASTILLO, SONIA MILAGROS
DNI: 71317914

DEDICATORIA

A mi madre y padre, Ana Borda Chávez y César Debernardi Guerra por el amor y apoyo ilimitado durante toda mi vida, mi madre por ser quien me hizo una mujer de bien, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, y mi padre que no está conmigo físicamente pero su espíritu ha guiado cada uno de mis pasos por eso y más esta dedicatoria es para ustedes.

A mi abuela, Ana Chávez porque puedo decir plenamente que fuiste mi segunda madre, por los valores inculcados desde pequeña, por enseñarme que la familia es lo más importante y aunque ya no estés a mi lado, siempre serás mi mayor motivación.

Verónica Aída Debernardi Borda.

DEDICATORIA

A mis padres Armando Flores Mollinedo y Julia Castillo Mucho por todo el gran esfuerzo que hicieron para guiarme en mi etapa profesional, sin su esfuerzo nada de esto hubiera sido posible, sus consejos, su amor incondicional y presencia fueron indispensables para mí, todo lo que soy hoy es gracias ellos.

A mi abuela, Margarita Mucho por el amor y apoyo incondicional en mi vida. Gracias por llevarme en tus oraciones y motivarme hacer las cosas de la mejor manera.

A mis hermanos Elías y Eliana que siempre estuvieron a mi lado dándome grandes ejemplos de guía para mi formación profesional.

Sonia Milagros Flores Castillo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios quien nos guía por el buen camino, dándonos la fuerza para seguir siempre adelante y no caer ante los problemas que se nos presentan gracias por poner en nuestro camino a todas esas personas que son tan cercanas para nosotros las cuales nos enriquecen como seres humanos.

A nuestras familias por su apoyo y palabras de aliento, por la formación que nos dieron, sin ellas probablemente no estaríamos realizando este trabajo de investigación. Los queremos mucho.

A nuestra asesora de tesis, Mg. Ing. Dina Cotrado Flores por su apoyo, guía y disposición para despejar nuestras inquietudes.

Al Ing. Luis Sanjinés, Gerente de Ingeniería del Proyecto Especial Tacna (PET), por su colaboración para lograr nuestros objetivos para este informe.

A nuestros Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que nos brindaron los conocimientos para nuestra formación profesional.

A nuestros amigos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil con los cuales compartimos salón y toda nuestra etapa universitaria, en especial a nuestro amigo Fredy Del Carpio Sánchez por su colaboración desinteresada.

¡Gracias a ustedes!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE JURADO	ii
PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIAS.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE TABLAS.....	x
ÍNDICE FIGURAS.....	x
ÍNDICE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	3
1.3 Justificación e importancia	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del estudio.....	6
2.2. Bases teóricas	10
2.3. Definición de términos	25
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	26
3.1.Tipo y diseño de la investigación	26
3.2.Población y/o muestra de estudio	26
3.3.Operacionalización de variables	26

3.4.Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	28
3.5.Procesamiento y analisis de datos.....	29
CAPITULO IV: RESULTADOS	33
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	58
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°01: Guía para anchos de fisura razonables	22
TABLA N°02: Características resistentes de los aceros 40,60 y 75.	23
TABLA N°03: Varillas corrugadas y sus características	24
TABLA N°04: Matriz de Operacionalización de Variables	28
TABLA N°05: Recopilación de fisuras en estructura de bocatoma	36
TABLA N°06: Resistencia obtenida de la estructura Bocatoma Chuscuco.....	40
TABLA N°07: Factor de corrección por altura y diámetro.....	42
TABLA N°08: Resistencia obtenida de la muestra de la estructura B. C.	45
TABLA N°09: Tabla de resultados	48
TABLA N°10: Tabla de resultados de momentos actuantes obtenidos en SAP	50
TABLA N°11: Tabla de resultados de fuerzas cortantes obtenidos en SAP	54

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Captación del río Uchusuma, Muros de encauzamiento.	7
FIGURA N° 02: Ubicación de Bocatoma Chuscuco.	8
FIGURA N° 03: Grietas por Esfuerzos de tracción directa	19
FIGURA N° 04: Grietas por Esfuerzos de tracción por flexión.....	19
FIGURA N° 05: Grietas de torsión	20
FIGURA N° 06: Grietas de adherencia entre el control y el acero.....	20
FIGURA N° 07: Grietas por corrosión del acero.....	21
FIGURA N° 08: Ubicación de obtención de muestras de ensayo de M.de G.	34
FIGURA N° 09: Registro de fisura en el exterior de la infraestructura de la B.	35
FIGURA N° 10: Registro de fisura en la loza de bocatoma.	35
FIGURA N° 11: Ubicación de obtención de muestras de ensayo R. C. U. E.....	37
FIGURA N° 12: Resistencia a la compresión e índice esclerómetro	38
FIGURA N° 13: Equipo esclerómetro.....	39
FIGURA N° 14: Registro de resistencia de la estructura con el esclerómetro	39
FIGURA N° 15: Ubicación de obtención de muestras de ensato P. con B. D.....	41
FIGURA N° 16: Trazo de ubicación de muestra.....	43
FIGURA N° 17: Detector de acero	43
FIGURA N° 18: Colocación de equipo de diamantina	43
FIGURA N° 19: Retiro de muestra.....	44
FIGURA N° 20: Muestra de concreto.....	44

FIGURA N° 21: Muestra con azufre y pectonita	44
FIGURA N° 22: Muestras en compresión	44
FIGURA N° 23: Combinación de carga.....	46
FIGURA N° 24: Diagrama de esfuerzos	47
FIGURA N° 25: Diagrama de momentos	47
FIGURA N° 26: Sección de diseño evaluada	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de consistencia	65
ANEXO 02: Cuadro resumen	67
ANEXO 03: Ensayo de medición de grietas firmado por el asesor encargado	70
ANEXO 04: Ensayo de resistencia del concreto utilizando esclerómetro firmado ..	73
ANEXO 05: Ensayo de perforación con broca diamantada firmado por el asesor...	77
ANEXO 06: Plano de distribución de la Bocatoma.....	82
ANEXO 07: Plano de Cortes y secciones de la bocatoma	84
ANEXO 08: Plano de Secciones de la Estructura	86

RESUMEN

Objetivo: La presente tesis titulada “**EVALUACION ESTRUCTURAL PRELIMINAR DE LA BOCATOMA CHUSCHUCO-TACNA**” se elaboró con la finalidad de evaluar preliminarmente la capacidad de resistencia y estabilidad de la estructura que actualmente tiene la bocatoma Chuschuco-Tacna.

Metodología: Fue necesario recopilar información mediante ensayos in situ (destructivos y no destructivos), realizado en la bocatoma Chuschuco Tacna y se comparó los resultados obtenidos verificando que la resistencia de diseño (ϕR_n) de la estructura existente sea por lo menos igual o mayor a las resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas obtenidas del programa SAP 2000. Asimismo, se realizó una inspección en campo de la infraestructura en donde se pudo constatar que la infraestructura posee una malla de acero de 3/8” de diámetro, el esfuerzo de fluencia de las varillas de refuerzo es de 4200 kg/cm².

Resultados: De los resultados del ensayo de broca diamantada la resistencia del concreto es de 155Kg/cm², es decir 73 % por debajo de la resistencia mínima del concreto (210Kg/cm²). Sin embargo las resistencias de diseño son mayores que las resistencias requeridas para cargas de compresión, flexión y corte, cumpliendo con la norma técnica de edificaciones E.060.

Por otro lado durante la inspección de campo no se ha observado deterioro excesivo, solo algunas fisuras que no sobrepasan el ancho permisible dado en la norma del ACI 224R.

Conclusión: Se concluye que para desarrollar este estudio fue necesario recopilar información mediante ensayos in situ (destructivos y no destructivos), realizado en la bocatoma Chuschuco Tacna y se comparó los resultados obtenidos verificando que la resistencia de diseño (ϕR_n) de la estructura existente sea por lo menos igual o mayor a las resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas obtenidas del programa SAP 2000, a pesar de que la estructura actualmente presenta fisuras y baja resistencia a la compresión del concreto, la infraestructura existente si presenta una adecuada resistencia en comparación con las cargas de servicio.

Palabras Claves: Evaluación estructural, bocatoma Chuschuco, ensayos in situ, Resistencia, Corte, Momento.

ABSTRACT

Objective: The present thesis entitled "**PRELIMINARY STRUCTURAL EVALUATION OF THE BOCATOMA CHUSCHUCO-TACNA**" was elaborated with the purpose of the preliminary evaluation of the capacity of resistance and of the structure that currently has the Chuschuco-Tacna intake.

Methodology: It was necessary to collect information through in situ tests (destructive and non-destructive), carried out at the Chuschuco Tacna intake and the results obtained were verified, verifying that the design resistance (ϕR_n) of the existing structure is at least equal to or greater than the required resistance (R_u), calculated for the loads and amplified forces obtained from the SAP 2000 program. In addition, a field inspection of the infrastructure was performed where it was found that the infrastructure has a steel mesh of 3/8 "diameter , the yield strength of the reinforcing rods is 4200 kg / cm².

Results: From the results of the diamond drill test the concrete strength is 155Kg / cm², that is 73% below the minimum strength of the concrete (210Kg / cm²). However, the design resistances are greater than the resistances required for compression, bending and cutting loads, complying with the technical standard of buildings E.060. On the other hand during the field inspection has not been observed excessive deterioration, only some cracks that do not exceed the permissible width given in the standard of the ACI 224R.

Conclusion: It is concluded that to develop this study it was necessary to collect information through in situ tests (destructive and non-destructive), performed at the Chuschuco Tacna intake and the results obtained were verified verifying that the design resistance (ϕR_n) of the existing structure is at least equal to or greater than the required resistance (R_u), calculated for the loads and amplified forces obtained from the SAP 2000 program, although the structure currently presents cracks and low compressive strength of the concrete, the existing infrastructure if it presents a adequate resistance compared to service charges.

Key words: Structural evaluation, Chuschuco intake, in situ tests, resistance, shear, moment.

INTRODUCCIÓN

Según estudios en el Perú nunca se realizaron seguimientos continuos a obras de toma o bocatoma, siendo estas un gran número de proyectos hidráulicos realizados en la actualidad.

Las bocatomas son las estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. Las bocatomas suelen caracterizarse principalmente por el Caudal de Captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir.

Es necesario tener presente que la bocatoma es una estructura muy importante para el aprovechamiento hidráulico. Si se produce una falla importante en la obra de la bocatoma, significaría la posibilidad del fracaso de todo el Proyecto, tanto el diseño como la construcción, la operación y el mantenimiento.

El departamento de Tacna en temporadas pasadas, ha soportado una gran variedad de lloviznas y huaycos, generándose deterioros, desbordamientos de ríos en los cauces de ríos Caplina y Uchusuma, siendo afectadas como punto crítico las bocatomas. Por ello, con el propósito de evaluar y determinar el comportamiento de las bocatomas en la ciudad de Tacna, se planteó realizar en nuestro informe de tesis un estudio de la bocatoma Chuschuco construida en el 2001, siendo denominado como título "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PRELIMINAR DE LA BOCATOMA CHUSCHUCO-TACNA".

En este informe de tesis, nos hemos enfocado en verificar preliminarmente la resistencia estructural de la bocatoma Chuschuco – Tacna, mediante ensayos destructivos y no destructivos in situ, y simultáneamente realizar una comparación de los resultados obtenidos verificando que la resistencia del diseño (ϕR_n) de estructura existente sea por lo menos igual o mayor a las resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas empleadas del programa SAP 2000, teniendo en cuenta las propiedades típicas de compresión, flexión y corte, respetando la Norma Peruana E 060 y normas internacionales como es el ACI 224R.

Tomando en cuenta lo anterior el proyecto de investigación busca como objetivo general determinar el estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, como también busca objetivos específico: Realizar una revisión general de la estructura existente, para observar posibles manifestaciones de deficiencias (estructurales o de deterioro de los materiales) y del

mismo modo, Determinar la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna y comparar los resultados con la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante.

Este trabajo se encuentra estructurado en 05 capítulos. En el capítulo I, se determina la problemática de deficiencia estructural en toma o bocatoma existe en Perú tomando como estudio principal la bocatoma Chuschuco ubicada en la ciudad de Tacna, así mismo se da a conocer la justificación, objetivos e hipótesis.

El capítulo II, está referido a los antecedentes de estudio de toma o bocatoma Chuschuco Tacna y conceptos básicos teóricos referente a estudios de diseño de comportamiento estructural.

El capítulo III, se desarrolla el marco metodológico, tipo, diseño, población y/o muestra de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para recolección de datos y finalmente procesamiento e análisis de datos realizados en la investigación.

El capítulo IV, presenta los resultados de la investigación a partir del de trabajo en campo, el diseño realizado en gabinete, presentándose tablas y figuras.

En el capítulo V, se da a conocer la discusión, conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

Finalmente, en referencias bibliográficas se presenta un listado de las referencias consultadas para la ejecución de este trabajo de investigación, en el anexo 01 se presentara la matriz de consistencia y en el anexo 02,03,04 y 05 los planos de la bocatoma Chuschuco- Tacna.

Las Autoras

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú se encuentran en operación un gran número de obras de toma para aprovechamiento hidráulico, la observación y análisis del comportamiento de estas obras son importantes ya que el máximo provecho de estas está destinado a la agricultura y a la población. Según los estudios realizados en el Perú nunca se realizaron seguimientos continuos de construcción de obras de toma o bocatoma.

El departamento de Tacna en temporadas pasadas, ha soportado lluvias de gran intensidad y corta duración; en distintos lugares se ha presentado desbordamiento de ríos, inundaciones de terreno de cultivo y zonas urbanas, debido a estas descargas de gran magnitud, se han ocasionado una serie de daños a las bocatomas que se encuentran en la ciudad de Tacna.

Tal es así, que en el 2001, se realizó la rehabilitación de la bocatoma Chuschuco-Tacna, debido a la presentación de lluvias torrenciales y huaycos afectando a los ríos Caplina y Uchusuma, generándose involuntariamente un incremento de caudales y desbordamiento de ríos afectando a la bocatoma.

Por Ello, se pretende determinar su estado situacional actual para determinar si existe alguna falla importante en la obra de la bocatoma Chuschuco- Tacna.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A. INTERROGANTE GENERAL:

En base a lo descrito anteriormente se formula el siguiente problema principal de la siguiente manera:

¿Cuál es el estado estructural preliminar actual de la Bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna?

B. INTERROGANTES ESPECÍFICAS:

- ¿Se puede realizar una revisión general de las deficiencias estructurales existentes y calidad de los materiales de la Bocatoma Chuschuco Tacna?

- ¿Se puede determinar la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna, y comparar los resultados de la resistencia requerida (R_u); para cargas de compresión, flexión y cortante?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación se justifica por las siguientes razones:

DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRUCTURAL, porque la estructura de la bocatoma Chuschuco debe estar adecuadamente diseñada para soportar diferentes tipos de carga ya que a través de ella se logra el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO, porque la bocatoma Chuschuco en temporadas pasadas, ha soportado lluvias de gran intensidad y corta duración; huaycos; en distintos lugares se han presentado desbordamiento de ríos, así como deterioro de la infraestructura. (Proyecto Especial Tacna, 2004)

A consecuencia de ello la bocatoma Chuschuco presenta diferentes tipos de problemas estructurales a causa de la interacción estructura-naturaleza.

La bocatoma Chuschuco no cuenta con un adecuado mantenimiento, por ello se quiere lograr identificar los problemas para posteriormente dar una solución con el fin de proteger y mejorar la operatividad de la infraestructura.

DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIAL, porque el abastecimiento de agua a la población debe ser cubierta. A través de la Bocatoma Chuschuco- Tacna se recupera un caudal de 1580 l/s, el mismo es conducido por un canal hasta el partido de Cerro Blanco, donde se registra un caudal de 1250 l/s. (Ministerio de Agricultura, 2002, p.39)

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

DETERMINAR EL ESTADO ESTRUCTURAL PRELIMINAR ACTUAL DE LA BOCATOMA CHUSCHUCO DE LA CIUDAD DE TACNA.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A. Realizar una revisión general de la estructura existente, para observar posibles manifestaciones de deficiencias estructurales o de la calidad de los materiales.

B. Determinar la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuscuco Tacna y comparar los resultados con la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante.

1.5 HIPÓTESIS

A. HIPÓTESIS GENERAL

Como hipótesis general se ha definido la siguiente manera:

El estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuscuco de la ciudad de Tacna, presenta diversos tipos de daños estructurales, trayendo como consecuencia la inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico para la población de Tacna.”

B. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Como hipótesis específicas, se han considerado las siguientes:

- HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01

Actualmente la bocatoma Chuscuco de la ciudad de Tacna, presenta deficiencias estructurales leves (grietas y fisuras) debido a los cambios brucos de captación de agua por lluvias de gran intensidad y desbordamientos de ríos, por ello también la calidad de los materiales con la que fue construida la estructura presenta malas condiciones”.

- HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02

La resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuscuco Tacna es mayor que la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

A. ANTECEDENTES

Dentro de las principales fuentes de agua de la zona alto andina que alimenta el valle y ciudad de Tacna se encuentra la captación de las aguas trasvasadas del río Uchusuma, desde el altiplano a la cuenca del río Caplina. Las aguas trasvasadas discurren por la quebrada Vilavilani que presenta desde el punto de captación del agua en Chuschuco hasta 2 km aguas arriba tiene un ancho aproximadamente de 200 m y con pendientes de 5%. Las paredes de la quebrada están constituidas por material rocoso fracturado de origen sedimentario que tienen taludes muy empinados, desde las nacientes el sector del túnel Huaylillas Sur, aproximadamente a 4,000 m.s.n.m. hasta su desembocadura en la cuenca del río Caplina en el sector de Chuschuco, aproximadamente a 1,420 m.s.n.m. La Bocatoma tiene una estructura de evacuación libre de máximas avenidas.

Las aguas del río Uchusuma discurren actualmente por el margen derecho, las que han desarrollado un corte de erosión en los materiales de la terraza fluvial elevada.

También se puede percibir que debido a su fuerte pendiente y en presencia de aguas de avenidas cargadas con rebosantes sólidos en suspensión, el río puede arrastrar piedras hasta 0.5m de diámetro promedio y depositarlas en el cauce, formando a veces acumulaciones de los balones de roca que ocasionan que el río se desvíe y socave otro cauce.

La conducta del río nos obliga a realizar el encauzamiento de este a fin de permitir que el cauce sea lo suficientemente amplio.

En base al reconocimiento a la zona de proyecto, se ha contemplado que las características geomorfológicas naturales del río Uchusuma, facilitan la formación de cauces inestables, sujetos frecuentemente a procesos erosivos y sedimentológicos, con algunas variaciones en la dirección.

La bocatoma y desarenado Chuschuco, comprende una serie de labores relacionadas principalmente con la captación de las aguas del río Uchusuma mediante un adecuado encauzamiento aguas arriba, que va a permitir ampliar la capacidad de captación de la bocatoma Chuschuco a 4.5 m³/s. y una avenida de 9.8 m³/s., que permitirá la mejor dotación del recurso hídrico de las comisiones Uchusuma y Magollo.

Por lo tanto será necesario que se efectúe una adecuada planificación en el reparto del agua, que guarde estrecha relación con el plan de cultivo y riego de este sector, con el fin de tener un control eficiente de las obras (bocatoma, desarenado, canal, etc.) que contribuyan a una buena conservación de las estructuras.[Proyecto Especial Tacna, 2004]

A continuación se muestra la figura N°1 donde se observa la captación de la bocatoma Chuschuco del río Uchusuma.



Figura N° 01: Captación del río Uchusuma, Muros de encauzamiento.

Fuente: Elaboración Propia

B. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

- UBICACIÓN

La bocatoma se encuentra ubicada aguas abajo en la margen derecha del río Uchusuma, en una longitud aproximadamente de 50 m., en el sector denominado Chuschuco.

El ámbito de estudio se localiza políticamente en:

Región	:	Tacna.
Provincia	:	Tacna
Distrito	:	Palca
Sector	:	Chuschuco

Geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM 386 000 E y 8 020 000 N y con una altitud de 1 420 m.s.n.m., como se muestra en la figura N°02:



Figura N° 02: Ubicación de la Bocatoma Chuschuco

Fuente: Google Maps

- ACCESIBILIDAD

A la bocatoma Chuschuco se llega desde Tacna, por dos caminos: el primero partiendo de Tacna, se llega a los reservorios Cerro Blanco por un camino asfaltado recorriendo una distancia de 8 Km, posteriormente el camino es afirmado con un relativo mantenimiento, para luego por el camino de vigilancia del canal Uchusuma llegar hasta la bocatoma Chuschuco, cuyo recorrido es aproximadamente de 16 Km, el tiempo que se demora en llegar por esta ruta es de 45 minutos en camioneta.

El otro acceso es siguiendo la ruta Tacna-Pachía hasta el cuartel Miculla en una distancia aproximada de 20 Km, en el cual se toma el desvío de la carretera asfaltada hacia Palca, a la altura del puente colgante de Miculla recorriendo una distancia de 5 Km, luego existe un desvío de trocha carrozable de

aproximadamente 15 Km hasta la bocatoma, se requiere un lapso de tiempo de 45 minutos de viaje en camioneta.

C. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA BOCATOMA CHUSCHUCO.

La Estructura está constituida por la bocatoma propiamente dicha, el muro de contención y el enrocado que conforman el encauzamiento del río Uchusuma, canal de purga, canal de aducción, canal de excedencias y obras conexas.

A su vez la bocatoma Chuschuco está compuesta de las siguientes partes:

- Obra de captación
- Desarenado
- Canal de demasías
- Conducto cubierto purga del desarenado o canal de limpia.
- Canal de aducción

- OBRA DE CAPTACIÓN

La captación de la bocatoma Chuschuco se realiza mediante un encauzamiento del río, es mediante el muro de contención de concreto ciclópeo en una longitud de 50.0 m. y el barraje fijo, El área de captación la constituye el barraje fijo y las compuertas de limpia y desgravador y la Toma propiamente dicha con 3 compuertas radiales de captación, que conjuntamente con el muro de contención desde la progresiva 0+230 a la progresiva 0+332, conforman el área de embalse en una longitud de 50 m cuyo espejo es de 700 m² y cuyo volumen de almacenamiento es de 875 m³.

- DESARENADOR

La estructura del desarenador está conformada por dos naves de sección trapezoidal en la parte inferior y rectangular en la parte superior, cuya cota de ingreso es de 1539.40 y cota de fondo a la llegada al canal de aducción es de 1536.86, el volumen de almacenamiento de cada nave es de 182.m³ incluyendo el material acumulado por sedimentación, al término de cada nave se encuentran los vertederos de agua limpia cuya cresta se encuentra en el nivel 1539.94, el caudal máximo de entrega al canal de aducción es de 2.80m³/s por cada nave.

- CANAL DE DEMASÍAS

El Canal de Demasías construido en concreto armado con juntas water stop cada 9 m de una longitud total de 24.35m, tiene sección de 0.80m x 1.20m, este canal conduce las aguas del canal desgravado y las aguas de reboce de la transición hacia el desarenador y las lleva a la antigua bocatoma, presenta pendientes variables y tiene una capacidad máxima de 4.70 m³/s

- CONDUCTO CUBIERTO DE PURGA DEL DESARENADOR O CANAL DE LIMPIA

El Conducto cubierto de Purga del Desarenado construido en concreto armado contiene juntas wáter stop cada 9.0m de una longitud total de 96.61 m, tiene sección de 0.80m x 0.90m, de este conducto cubierto evacua los sedimentos y material acumulado en el desarenador llevándolos al canal de limpia existente del antiguo desarenador, tiene una pendiente de 0.0985 y una capacidad máxima de 4.5m³/s.

- CANAL DE ADUCCIÓN

Canal de aducción construido en concreto armado con juntas water stop cada 9.0 m de una longitud total de 82.61m tiene sección de 1.50x 1.10m , este canal entrega las aguas limpias hacia el canal Uchusuma, presenta pendientes muy fuertes de hasta 15 % y tiene una capacidad máxima de 9.40m³/s.

2.2 BASES TEÓRICAS

A. PASADO Y PRESENTE DE LA INGENIERIA HIDRÁULICA

El Perú con un pasado milenario, rico en la ejecución de obras hidráulicas admirables para su época y aún para la actual, que se remonta a culturas anteriores a la de los incas cuando por ejemplo, se cubrieron con verdes sembríos las laderas de muchos valles de sierra y costa mediante andenerías que al mismo tiempo que estabilizaban sus empinados taludes, garantizaban el uso racional de las aguas traídas por largos canales provenientes cuando no del propio río, lo era de la cuenca vecina cruzando en este caso la divisoria que las separaba por su parte más baja, reconocida posteriormente como tal por viajeros y arrieros, cuando se convirtió en el «abra de paso» que siempre tomaban para acortar el camino a su destino. Es así como en el Valle Sagrado de los Incas y en muchas otras campiñas que desde Cajamarca y Piura hasta Arequipa, Moquegua y Tacna permanecen cultivadas ahora mismo, produciendo igual que siempre por el

arraigo y perseverancia de los campesinos que actualmente las poseen en clara demostración de ser dignos herederos de sus ancestros.

Cuando estos andenes resultaron abandonándose por causa de los cambios en el modo de vida de los antiguos peruanos que la colonización española trajo consigo, perduran todavía como legados a la posteridad con su geometría de escalera agreste junto a tramos escondidos de canal que cada vez que resultan apareciendo a la vista del hombre, se les sigue llamando «Canal del Inca». Ruinas en un caso y vestigios en el otro que están allí presentes hasta hoy día, tan solo como mudos testigos de estas imponentes obras de la ingeniería hidráulica desarrollada hace mil años en esta parte de América.

El paso mismo de los canales de trasvase de una cuenca a la vecina justo por el cuello más bajo de la divisoria respectiva, era ya una solución de alta ingeniería para su época. Ha tenido que pasar mucho tiempo para que los avances tecnológicos conseguidos en el campo de la construcción permitan sustituir hoy día, esos largos y sinuosos canales por túneles cortos y rectos.

Aunque nuestros antepasados no construyeron represamientos de agua para fines agrícolas en sitios aparentes dentro o fuera del cauce de los ríos, como supieron hacerlo mucho antes los chinos e hindúes, levantando presas de tierra compactada por capas con métodos simples y rudimentarios pero efectivos (rebaños de cabras caminando por largo tiempo sobre los rellenos). Ni tampoco construyéndolas de «cal y canto» cuando el sitio se adecuaba al uso de este tipo de material de construcción o aquel otro inventado por los romanos, cuando para construir muros de sostenimiento mezclaron por primera vez fragmentos de roca de las canteras próximas a Roma, con arenas puzolánicas y cal fabricada para el efecto.

Tenemos en cambio vestigios de aprovechamientos controlados de las aguas de las lagunas naturales, caso del antiguo cacicazgo de Vicas que para riego de sus campos de cultivo se recurrió en aquel tiempo, a la laguna Antacocha sobre las nacientes del río Santa Eulalia y a 4,400 metros de altitud, abriéndole ventanas inteligentemente escalonadas al dique natural que la encierra, para un desagüe progresivo de sus aguas en exacta concordancia con los requerimientos agrícolas que se tuvieran.

En el Perú se empezaron a construir presas de cal y canto en la época de la colonia, caso por ejemplo del «Dique de los Españoles» en las nacientes del río Sumbay (Arequipa), que aunque nunca se terminó por conflicto entre los interesados de ese entonces, pudo recién culminarse el año 1992 ya no según fue concebida sino como relleno de materiales sueltos. La que está represando

la laguna de Ancascocha sobre el río Yauca se construyó ya en la época republicana y por último, la presa Viconga ubicada en la cuenca alta del río Pativilca y puesta en servicio en 1982, resulta ser la última presa de gran altura construida en tiempos modernos con albañilería de piedra.

En cuanto a las presas de materiales sueltos, le cabe al Perú el privilegio de haber tenido la séptima más alta del mundo allá por el año de 1936, con la presa de enrocado Mal Paso de 76 m de alto que la Cerro de Paseo Copper Corporation construyó sobre el río Mantaro para fines hidroeléctricos.

Respecto a las conducciones de agua que se revistieron primero de albañilería de piedra y después de concreto simple, con el objeto de eliminar por un lado las pérdidas de agua por filtración y por otro, aumentar su eficiencia al disponer de una mayor velocidad del flujo de agua, se debe indicar lo siguiente. Que desde fines de los años 20 se innovó la tecnología imperante en el Perú con varios canales que se construyeron revistiéndolos de esta manera en los valles del Chira, Chancay, Cañete, Chili, etc., y por primera vez con procedimientos muy veloces, a fines de los 50' en el canal Tablazo totalmente revestido de concreto (Proyecto San Lorenzo, Piura). Por último, con motivo de la rehabilitación del canal Choclococha sobre los 4,000 m.s.n.m. (Proyecto Tambo Ccaracocha, Huancavelica-Ica) se utilizarán selladores elastoméricos de poliuretano en las juntas de dilatación del revestimiento de ese canal, para garantizar su hermeticidad y durabilidad, aplicando metodologías modernas en lo que ha sido el talón de Aquiles de todos los canales construidos en las punas del Perú.

Con referencia a los túneles o galerías hay que decir, que si bien para su excavación se prefiere todavía el método tradicional usando explosivos (perforación, disparo y limpia) con la sola excepción de los túneles de Carhuaquero (Lambayeque) en la década de los 80 y Chimay (Junín) actualmente en construcción, galerías donde se ha aplicado la metodología de excavación a plena sección y sin uso de explosivos con el equipo de perforación conocido por «topo» (TBM). Que en el caso del proyecto Angostura (Arequipa) está previsto utilizarlo nuevamente para la perforación del gran túnel de derivación que sobrepasará los 16 Km. de longitud, poniendo al Perú de esa manera a nivel de otros países que desde hace tiempo aplican esta nueva tecnología.

Más bien, en lo que concierne al revestimiento de dichas galerías se vienen usando en el país tecnologías de punta desde 1952 (túnel Culqui) hasta 1998 (túneles de Chavimochic), mediante encofrados plegables de fácil traslado y llenado neumático del concreto detrás y encima de dicho encofrado.

Igualmente, en el importante proyecto de Angostura que se viene desarrollando en el sur del Perú, se construirá una presa de gravedad de 100 m de altura por el método moderno de concreto compactado con rodillo (RCC), aplicando todos los nuevos avances que a nivel mundial se ha conseguido para el efecto. [Priale, 2003]

- CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS

En el Perú al igual que en otras partes del mundo, se les da el nombre de obras hidráulicas sólo a las estructuras que se construyen para fines de almacenamiento o conducción de agua, excluyéndose aquellas otras que estando también en contacto con el agua cumplen distintas funciones, caso de los estribos y pilares de los puentes, al igual que los espigones y muelles de los puertos.

Las obras hidráulicas entendidas de esta manera, cubren una amplia gama de propósitos que son muy específicos y por eso mismo, se les puede agrupar del modo que aquí se indica, correspondiente al orden como se ubican entre la fuente de agua a aprovechar y el punto terminal donde se quiere utilizarla:

- Obras de Captación
- Presas de Embalse
- Aliviaderos de Demasías en los Embalses
- Estructuras para la Descarga Regulada en los Embalses
- Túneles
- Canales de Conducción
- Obras de Arte (conductos cubiertos, desarenadores, puentes acueducto, sifones, rápidas, partidores, etc.)

Obras todas de concreto, excepto cuando se haya optado por la alternativa de presas de tierra o de enrocado y también, cuando los canales y túneles no requieran revestimiento de concreto. [Priale, 2003]

- OBRAS DE CAPTACIÓN

En el Perú se llama «bocatoma» a la estructura de captación directa del agua de los ríos con fines de riego, generación de energía o para uso doméstico e industrial. Muchas de las bocatomas que existen en el país están ubicadas desde sus orígenes en el mismo sitio, lo cual se deduce por los vestigios de «canales del inca» encontrados a lo largo del trazo de los construidos en tiempos modernos, que dan fe de una obligatoria superposición de la nueva obra de captación con la primigenia ya desaparecida, casos por ejemplo de

Huallabamba, Raca Rumi, Taymi, La Mochica, Talambo, La Achirana y muchos más.

La mayoría de las bocatomas construidas en el Perú a partir del segundo tercio del siglo XX cuentan con una presa de derivación, canales de limpia, ventanas de captación y transición de entrega al canal de conducción. Todos estos componentes de la bocatoma se construyen actualmente de concreto en sus dos formas: sin refuerzo y con refuerzo de acero (concreto armado). (Priale,2003)

B. BOCATOMAS

- DEFINICIÓN DE BOCATOMA

Las obras de toma o bocatomas son las estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. Las bocatomas suelen caracterizarse principalmente por el Caudal de Captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir.

El tema de las bocatomas es siempre actual. En el Perú hay en operación un gran número de obras de toma para aprovechamiento hidráulico. El diseño de estas estructuras es casi siempre difícil y debe recurrirse tanto a métodos analíticos como a la investigación en modelos hidráulicos. La observación y análisis del comportamiento de las obras de toma en funcionamiento es muy importante. Los problemas que se presentan en una bocatoma son mucho más difíciles cuando se capta agua desde un río que cuando se hace desde un cauce artificial (canal). Es al primer caso al que nos referiremos principalmente de acá en adelante.

Es necesario tener presente que la bocatoma es una estructura muy importante para el éxito de un proyecto. Si por una razón u otra se produce una falla importante en la obra de toma, esto significaría la posibilidad del fracaso de todo el Proyecto de Aprovechamiento Hidráulico. En consecuencia, tanto el diseño como la construcción, la operación y el mantenimiento de una obra de toma deben ofrecer el máximo de seguridad. [Rocha, 2003]

- FINALIDAD

La finalidad es uno de los muchos criterios que existen para la clasificación de las obras de toma. Desde el punto de vista de su finalidad las obras de toma

se clasifican en función de las características del proyecto al que sirven. Es así como se tiene:

- a) Obras de toma para abastecimiento público
- b) Obras de toma para irrigación
- c) Obras de toma para centrales hidroeléctricas
- d) Obras de toma para industria y minería
- e) Obras de toma para otros propósitos
- f) Obras de toma para uso múltiple

La clasificación anterior se refiere al uso predominante del agua. Si bien es cierto que hay bocatomas que tienen una finalidad específica, también lo es que casi siempre las bocatomas tienen, aunque sea en pequeña proporción, algún otro uso. En el Perú hay numerosas bocatomas para atender las finalidades antes señaladas.

El abastecimiento de agua a la población es la primera necesidad de agua que debe ser cubierta. El aprovechamiento de las aguas superficiales, en especial las de un río, constituye una de las formas más antiguas de uso del agua. [Rocha, 2003]

- PROBLEMAS QUE PRESENTAN LAS BOCATOMAS

En los grandes aprovechamientos hidráulicos el costo de la bocatoma representa sólo un porcentaje muy pequeño del costo total del proyecto. La consecuencia práctica de este hecho es que no se debe escatimar esfuerzos ni tratar de obtener una “estructura económica”, sino que se debe buscar el máximo de seguridad. Para el estudio de una bocatoma es necesario tener en cuenta que un río transporta lo siguiente:

- a) Agua proveniente de la precipitación que ocurre en la cuenca
- b) Sólidos, también llamados sedimentos, provenientes de la erosión de la cuenca
- c) Hielo, en los lugares que existe, y
- d) Cuerpos extraños como árboles, plantas, basura y desperdicios.

Los tres primeros aspectos mencionados constituyen las funciones naturales de un río. El transporte de cuerpos extraños constituye una función no natural, pero que desgraciadamente es muy frecuente entre nosotros. En general,

el diseño y operación de una bocatoma en muchos de los ríos de la costa peruana presenta problemas especiales debido, entre otras, a las siguientes cuatro circunstancias:

- a) Inestabilidad fluvial e irregularidad de las descargas
- b) Insuficiente información hidrológica
- c) Gran transporte sólido y de cuerpos extraños
- d) Aparición eventual del Fenómeno del Niño

Durante las grandes avenidas ocurre frecuentemente que los ríos se desbordan, hay cambios de recorrido, aparición de brazos y otras muestras de la inestabilidad fluvial propia de los ríos jóvenes. Ocurre algunas veces que al producirse uno de los fenómenos señalados la bocatoma se queda “en seco”, resulta burlada y, ciertamente, fuera de servicio aunque sin sufrir daños. En consecuencia, como parte del estudio de una bocatoma se suele hacer un cuidadoso estudio de hidráulica fluvial en el tramo comprometido.

La escasez de agua también crea problemas, pues en esas oportunidades hay que captar gran parte, o la totalidad, del agua presente en el curso principal, lo que puede ser inconveniente. De otro lado, sabemos que para efectuar un diseño con alta probabilidad de éxito habría que tener, entre otras informaciones, un amplio y confiable registro de datos de campo.

Es muy frecuente que en nuestros proyectos la información hidrológica sea escasa y de baja confiabilidad. Generalmente se tiene series históricas muy cortas, lo que da inseguridad en el cálculo de las grandes avenidas y, como consecuencia, en el cálculo del periodo de retorno de la avenida de diseño. [Rocha, 2003]

Estudios de transporte de sólidos, indican que estos son perjudiciales en las estructuras de un proyecto hidráulico dado, que producen erosión en los revestimientos de los canales o en otros casos reducción de la sección útil. [Rocha, 2003]

- CONDICIONES DE DISEÑO

Son varias las condiciones generales de diseño que debe cumplir una bocatoma, las principales son las siguientes:

a) Asegurar la derivación permanente del caudal de diseño y de los caudales menores que sean requeridos. En algún caso se admite una interrupción temporal del servicio.

b) Proveer un sistema para dejar pasar la Avenida de Diseño, que tiene gran cantidad de sólidos y material flotante. En zonas sujetas al Fenómeno de El Niño es mejor utilizar un Hidrograma de Diseño.

c) Captar el mínimo de sólidos y disponer de medios apropiados para su evacuación. Muchas veces esta es la clave del diseño eficiente.

d) Estar ubicada en un lugar que presente condiciones favorables desde el punto de vista estructural y constructivo.

e) Conservar aguas abajo suficiente capacidad de transporte para evitar sedimentación.

f) Tener un costo razonable

En el diseño de una obra de toma se requiere emplear los conocimientos del ingeniero civil, lo principal para que sea una obra exitosa es un buen planeamiento, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

En el Perú se vienen realizando estudios en modelo en el Laboratorio Nacional de Hidráulica desde 1964. La tercera fuente está dada por la experiencia y por la observación del funcionamiento de estructuras en operación en diversas partes y circunstancias. Dentro de esta fuente de conocimiento se encuentra el análisis de las fallas, el que constituye un método valiosísimo de aprendizaje. [Rocha, 2003]

C. CONCRETO Y SUS COMPONENTES

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua.

El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. En teoría, el volumen de mortero sólo debería llenar el volumen entre partículas. En la práctica, este volumen es mayor por el uso de una mayor cantidad de mortero para asegurar que no se formen vacíos.

Para obtener un buen concreto no sólo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas. Es necesario también tener en

cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado (Harmsen,2002).

D. IMPORTANCIA DEL AGRIETAMIENTO Y TIPOS DE FISURAS.

Debido a la baja resistencia a la tracción del concreto, los elementos de este material son proclives a agrietarse. Los elementos (estructuras) de concreto armado se agrietan fundamentalmente por los esfuerzos de tracción ocasionados por las cargas externas y por las deformaciones impuestas por los cambios volumétricos restringidos (creep, retracción, cambios de temperatura).

Adicionalmente, los agentes de carácter no estructural, también pueden ocasionar serios agrietamientos en las estructuras de concreto armado. La importancia del agrietamiento en las estructuras de concreto armado puede clasificarse de acuerdo a las siguientes cuatro categorías:

- Grietas que afectan la integridad estructural de los elementos.
- Grietas que pueden conducir, en el tiempo, a problemas de durabilidad de la estructura.
- Grietas que pueden conducir a un mal comportamiento de la estructura bajo cargas de servicio. Por ejemplo filtraciones en estructuras que retienen líquidos, daños en los acabados, pérdida de aislamiento acústico, etc.
- Grietas que estéticamente son inaceptables.

A continuación se describen los principales tipos de agrietamiento que pueden producirse en el concreto. Muchas de las figuras utilizadas para ilustrar los tipos de agrietamiento, han sido tomadas de MacGregor y Calavera.

- Grietas por esfuerzos de tracción directa.

Bajo esta sollicitación los elementos se agrietan a través de toda su sección, con un espaciamiento entre grietas comprendido entre 0.75 a 2 veces la menor dimensión de la sección transversal. En el caso de elementos de sección gruesa como se muestra en la figura N°03, con refuerzo solamente en las caras, se desarrollan pequeñas fisuras en la superficie que alcanzan el refuerzo. Algunas de estas fisuras se unen en el centro del elemento (fisuras B), como resultado las fisuras que se unen tienen un mayor ancho que las superficiales. [Ottazzi, 2004]

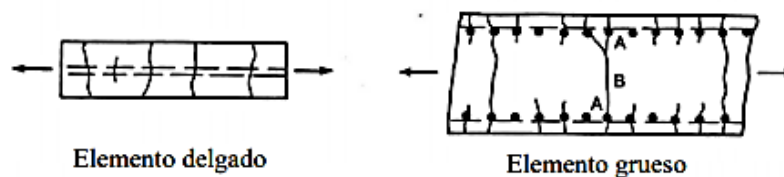


Figura N° 03: Grietas por esfuerzos de tracción directa

Fuente: OTTAZZI, 2004

- Grietas por esfuerzos de tracción por flexión.

Los elementos que soportan momentos flectores desarrollan grietas en la zona de tracción. Algunas de estas fisuras verticales progresan casi hasta el eje neutro de la sección. En vigas de mucho peralte, como se muestra en la figura N°04, las fisuras al nivel del refuerzo principal de flexión suelen tener poco espaciamiento. Algunas de estas fisuras progresan hacia el alma de la viga hasta llegar casi al eje neutro y podría suceder que estas fisuras (B en la figura) presenten un ancho mayor que las fisuras A. Por este motivo la Norma obliga a colocar refuerzo distribuido en el alma, adicional al refuerzo principal por flexión. [Ottazzi, 2004]

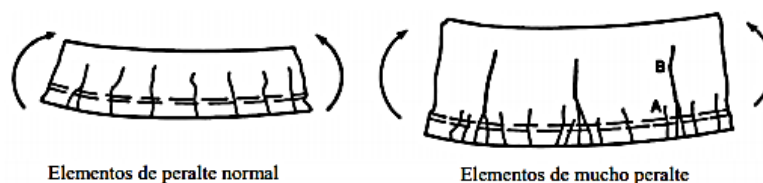


Figura N°04:Grietas por esfuerzos de tracción por flexión

Fuente: OTTAZZI, 2004

- Grietas de torsión.

Las fisuras originadas por la torsión pura tienden a formar una espiral alrededor del elemento como se muestra en la figura N°05. Además de la torsión existe flexión y cortante, las fisuras tienden a ser pronunciadas en la cara donde se suman los esfuerzos cortantes producidos por la torsión y el cortante y menos pronunciadas o ausentes, en la cara opuesta donde los cortantes se contrarrestan. [Ottazzi, 2004]

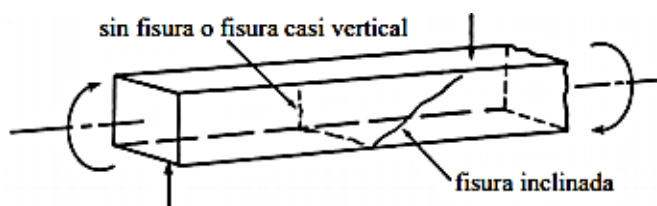


Figura N° 05: Grietas de torsión

Fuente: OTTAZZI, 2004

- Grietas de adherencia entre el concreto y el acero.

Se suelen formar a lo largo del acero de refuerzo como producto de recubrimientos insuficientes o de esfuerzos de adherencia elevados. La grieta es paralela al refuerzo (splitting), como se ve en la figura N°06. [Ottazzi, 2004]

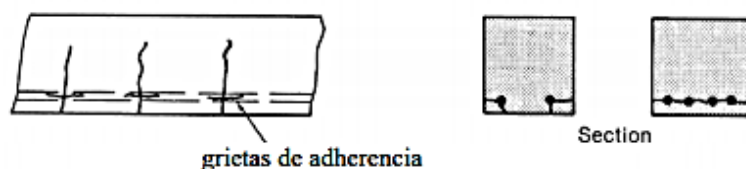


Figura N° 06: Grietas de adherencia entre el concreto y el acero

Fuente: OTTAZZI, 2004

-Grietas por corrosión en el acero.

El óxido ocupa varias veces el volumen del metal a partir del cual se formó, en consecuencia las barras corroídas generan presiones radiales que empujan el concreto que las circunda, este empuje puede conducir a la pérdida del recubrimiento. Las grietas por corrosión suelen ser paralelas al refuerzo y similares a las grietas de adherencia (splitting). Normalmente, cuando el estado de corrosión es avanzado, las fisuras vienen acompañadas de manchas en la superficie del concreto que las hacen fácilmente identificables. A continuación se muestra en la figura N°07, lo descrito anteriormente. [Ottazzi, 2004]

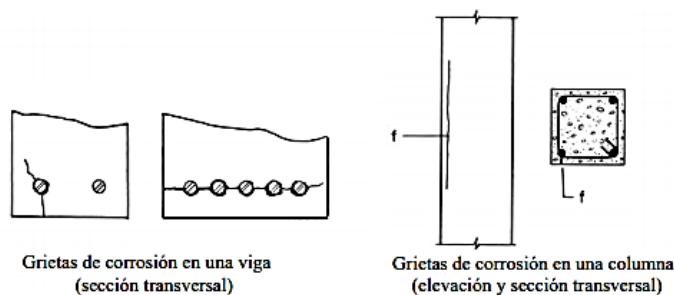


Figura N° 07: Grietas por corrosión del acero

Fuente: OTTAZZI, 2004

- RAZONES PARA CONTROLAR EL ANCHO DE LAS FISURAS

Apariencia en superficies limpias y poco rugosas, se ha establecido que las grietas que exceden de 0.25 mm a 0.35 mm son visibles y pueden conducir a preocupación por parte del público usuario. El ancho de grietas anterior podría considerarse como ancho límite. El tamaño “visible” de las grietas depende mucho del acabado, color y textura superficial del elemento.

Corrosión de las Armaduras, tradicionalmente se ha relacionado la presencia de grietas con el peligro de corrosión en las armaduras. Las recientes investigaciones realizadas, no han podido establecer a partir de que ancho de grietas existe peligro de corrosión y sugieren que los factores que influyen en el eventual inicio de la corrosión, son independientes del ancho de las grietas.

Impermeabilidad, esta razón es de suma importancia cuando se trata de estructuras destinadas a contener o retener líquidos. Es claro que si se requiere impermeabilidad es indispensable controlar el ancho de las grietas. [Ottazzi, 2004]

- PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL ANCHO DE LAS FISURAS

A continuación se señalan algunas de las variables que tiene mayor influencia en el agrietamiento por flexión de los elementos de concreto armado.

El uso de refuerzo liso o corrugado que influye fuertemente en la adherencia entre el acero y el concreto. El ancho de grietas es mayor con refuerzo liso. Hoy en día casi todo el refuerzo que utilizamos es corrugado, en consecuencia este ya no es un factor importante.

El espesor del recubrimiento. A mayor espesor de recubrimiento es de esperarse un mayor ancho de grieta. Una mala práctica de diseño es la de intentar

reducir el ancho de grietas disminuyendo el espesor del recubrimiento. El espesor del recubrimiento debe ser compatible con las condiciones ambientales o de exposición del elemento para así proporcionar una protección adecuada al refuerzo de acero.

El esfuerzo en el acero de tracción por flexión. Tal vez esta es la variable más importante ya que a mayor esfuerzo en el acero de tracción por flexión (bajo cargas de servicio) mayor será el ancho de las grietas. Esto se debe a la mayor deformación en el acero que a su vez origina una mayor deformación en el concreto circundante.

La distribución del acero de refuerzo en la zona de tracción. Es mejor utilizar varias barras de menor diámetro con poco espaciamiento que pocas de gran diámetro muy espaciadas. El ancho de grieta disminuye cuanto mejor distribuido se encuentre el acero de refuerzo en la zona de tracción. [Ottazzi, 2004].

- CONTROL DE ANCHO DE GRIETAS

El ACI sugiere utilizar para un control de grietas exhaustivo la tabla N°01, para determinar el porcentaje de fisuras de acuerdo a los lineamientos generales para el diseño, que se muestra a continuación:

Tabla N° 01: Guía para anchos de fisura razonables

Condición de Exposición	Ancho de fisuras	
	in	mm
Aire seco o membrana protectora	0.016	0.41
Humedad, aire húmedo, suelo	0.012	0.30
Productos químicos descongelantes	0.007	0.18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0.006	0.15
Estructuras para retención de agua	0.004	0.10

Fuente: ACI 224R, 2001

F. EL ACERO

El acero es una aleación de diversos elementos entre ellos: carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el más importante y el que determina sus propiedades mecánicas.

A mayor contenido de carbono, la dureza, la resistencia a la tracción y el límite elástico aumentan. Por el contrario, disminuye la ductilidad y la tenacidad. El manganeso es adicionado en forma de ferro-manganeso. Aumenta la forjabilidad del acero, su templabilidad y resistencia al impacto. Así mismo, disminuye su ductilidad. El silicio se adiciona en proporciones que varían de 0.05% a 0.50%. Se le incluye en la aleación para propósitos de desoxidación pues se combina con el oxígeno disuelto en la mezcla.

El cromo incrementa la resistencia a la abrasión y la templabilidad; el níquel, por su parte, mejora la resistencia al impacto y la calidad superficial. Finalmente, el vanadio mejora la temperabilidad [Harmsen, 2002].

- VARILLAS CORRUGADAS Y ALAMBRES:

Las varillas corrugadas son de sección circular y, como su nombre lo indica, presentan corrugaciones en su superficie para favorecer la adherencia con el concreto. Estas corrugaciones deben satisfacer requisitos mínimos para ser tomadas en cuenta en el diseño. Existen tres calidades distintas de acero corrugado: grado 40, grado 60 y grado 75 aunque en nuestro medio sólo se usa el segundo. Las características de estos tres tipos de acero se muestran en la Tabla N°02 y las características de los diámetros de las varillas en la tabla N°03. [Harmsen, 2002]

Tabla N°02: Características resistentes de los aceros grado 40, 60 y 75

	Fy (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
Grado 40	2800	4900
Grado 60	4200	6300
Grado 75	5300	7000

Fuente: Harmsen, 2002

Tabla N°03: Varillas corrugadas y sus características.

#	d(in)	d(cm)	P(cm)	As(cm ²)	W(kg/m)
2	¼	0.635	2	0.32	0.250
3	3/8	0.952	3	0.71	0.560
4	½	1.270	4	1.29	0.994
5	5/8	1.588	5	2.00	1.552
6	¾	1.905	6	2.84	2.235
7	7/8	2.222	7	3.87	3.042
8	1	2.540	8	5.10	3.973
9	1 1/8	2.865	9	6.45	5.060
10	1 ¼	3.226	10	8.19	6.403
11	1 3/8	3.580	11	10.06	7.906
14	1 11/16	4.300	14	14.52	11.384
18	2 1/4	5.733	18	25.81	20.238

Fuente: Harmsen 2002

Donde:

d,: Diámetro nominal de la varilla.

P: Perímetro de la varilla.

As: Área de la sección transversal de la varilla.

w: Peso lineal de la varilla.

G. DISEÑO POR CORTE:

El código del ACI sugiere una expresión simplificada para la determinación de V_c :

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Por su simplicidad, esta fórmula es la más usada.

El diseño por corte de muros para fuerzas horizontales en su plano, se basará en:

$$V_u < V_c$$

Formula general para el cálculo de área de acero:

$$A_s = \frac{M_n}{0.85 f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

Donde:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Estructura hidráulica

Son las obras de ingeniería necesarias para lograr el aprovechamiento de los recursos hídricos y controlar su acción destructiva. Trabajan en la mayoría de los casos en combinación con elementos y equipos mecánicos, se construyen en beneficio del hombre y el desarrollo de la humanidad. (Nizama, 2012).

- Desembocadura:

Se llama desembocadura al lugar donde un río desagua o ingresa en otro, en un lago o en el mar. La desembocadura puede adoptar distintas formas según las características del terreno. (Pérez, 2017).

- Grieta:

La grieta es el resultado de la rotura de materiales de relleno del marco por tracción, y se manifiesta en forma de parábolas, más o menos abiertas. (Lopez, Rodríguez, Cruz, Torreño, Ubeda, sin año).

- Acero de refuerzo:

El acero de refuerzo en concreto armado son varillas de sección redonda, las cuales tienen corrugaciones cuyo fin es restringir el movimiento longitudinal de las varillas relativas al concreto que las rodea. (Morales, 2006).

- SAP 2000:

El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. (CSI SPAIN, sin año).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Por el tipo de investigación es descriptivo y explicativo.
- Por el diseño de la investigación es diseño de campo y de laboratorio.

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

La población de Tacna cuenta con la bocatoma Chuschuco como fuente de captación de aguas trasladadas del río Uchusuma y otras fuentes, desde el altiplano a la cuenca del río Caplina. Debido a que esta infraestructura actualmente presenta diversas patologías en su construcción y siendo parte importante de nuestra captación de agua potable.

La muestra de estudio será la evaluación estructural de la bocatoma Chuschuco, sobre la cual se efectuarán pruebas para determinar su estado situacional.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de las variables, consisten en descomponer deductivamente las variables que compone la investigación.

Una variable, es una característica que al ser medida en diferentes individuos, permitiendo rangos de variación

Para la ejecución de la presente tesis, se ha identificado 2 variables que pueden ser medidas.

A. VARIABLE DEPENDIENTE (VD)

Inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico para la población de Tacna.

- **DEFINICIÓN OPERACIONAL**

Es inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico debido al estado de daño estructural, la resistencia del concreto y resistencia de diseño que soporta actualmente la bocatoma Chuschuco Tacna.

- **DIMENSIÓN**

Estado de daño estructural, resistencia del concreto y resistencia de diseño.

- **INDICADORES**

Los indicadores de la variable dependiente son los siguientes:

- Agrietamientos y daños que afectan el correcto funcionamiento de la estructura. Deterioro de los materiales de la estructura.
- Deterioro de los materiales por mal control de calidad en mezclado.
- Resistencias máximas (corte ,flexión y compresión)

- **MÉTODO**

El método utilizado fue descriptivo y explicativo.

B. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)

Deficiencias estructurales en las bocatomas.

- **DEFINICIÓN OPERACIONAL**

Se presentan las deficiencias estructurales en las bocatomas debido al mal criterio de diseño tomadas antes de su construcción.

- **DIMENSIÓN**

Criterio de diseño.

- **INDICADORES**

- Estudio de Demanda
- Topografía
- Hidrología
- Hidráulica Fluvial – Geología
- Materiales de Construcción

- **MÉTODO**

El método utilizado fue descriptivo y explicativo.

A continuación presentaremos una tabla adjuntaremos la matriz de operacionalización de variables:

Tabla N°04: Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIÓN	INDICADOR	MÉTODO
Variable dependiente: INOPERATIVIDAD ESTRUCTURAL Y DESAPROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA POBLACIÓN DE TACNA.	Es inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico debido al estado de daño estructural, la resistencia del concreto y resistencia de diseño que soporta actualmente la bocatoma Chuschuco Tacna.	Estado de daño Estructural	- Agrietamientos y daños que afectan el correcto funcionamiento de la estructura.	Descriptivo
		Resistencia del Concreto	-Deterioro de los materiales por mal control de calidad en mezclado.	Explicativo
		Resistencias de diseño	-Resistencias máximas (corte, flexión y compresión)	
Variable independiente: DEFICIENCIAS ESTRUCTURALES EN LAS BOCATOMAS	Se presentan las deficiencias estructurales en las bocatomas debido al mal criterio de diseño tomadas antes de su construcción.	Criterio de diseño	-Estudio de la Demanda	Descriptivo
			-Topografía	
			-Hidrología	Explicativo
			-Hidráulica Fluvial -Geología	
			-Geotecnia	
			-Materiales de Construcción	

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para evaluar la capacidad de resistencia en la Bocatoma Chuschuco, se realizó el día 27 de diciembre del 2017 aproximadamente a las 9 horas, ensayos en coordinación con el laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna y simultáneamente con la institución Proyecto Especial Tacna (PET).

La bocatoma Chuschuco se ubica en el departamento y provincia de Tacna, Distrito de Pachía, exactamente en el sector Chuschuco, para llegar a la bocatoma Chuschuco se siguió de la ciudad la carretera asfaltada Tacna-Pachía hasta el cuartel Miculla, en una distancia aproximada de 20 Km, en el cual se toma el desvío de la carretera hacia Palca, a la altura del puente colgante de Miculla recorriendo una distancia de 5 Km, luego se procede a ingresar a un desvío existen de trocha carrozable de aproximadamente 15 Km hasta la bocatoma, se requiere un lapso de tiempo de 45 minutos de viaje en camioneta.

Al llegar a la Bocatoma Chuschuco realizamos dos tipos de ensayos, no destructivos y destructivos en la estructura, siendo primeramente realizado los ensayos no destructivos, Iniciando con el ensayo medidor grietas de superficiales, este ensayo nos permitió determinar el ancho de la grietas en el concreto.

Continuamente, utilizamos el detector de acero en distintas zonas de la estructura de la bocatoma para determinar el material ferroso que contiene esta, El equipo nos sirvió con la finalidad de detectar el acero de la estructura antes realizar la perforación, corte y extracción de las muestras para el ensayo de diamantina.

Para finalizar con los ensayos no destructivo realizamos el ensayo de resistencia de concreto utilizando el esclerómetro, procediendo a colocar el esclerómetro en forma perpendicular sobre la superficie del concreto en 6 diferentes zonas de la estructura para tomar lectura en la ventana de la escala graduada con la finalidad de determinar la resistencia del concreto.

El ensayo destructivo que se realizó fue el de perforación con brocas diamantadas, realizando la perforación de brocas diamantas en tres puntos de referencia con la finalidad de tomar muestras para ser llevadas al laboratorio de suelos para realizar la rotura y obtener la resistencia del concreto.

Estos ensayos in situ se realizaron para determinar si existen puntos de falla estructural en la bocatoma.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento y análisis de datos de la investigación que utilizamos son los siguientes:

POR ENSAYOS EN CAMPO

- Ensayo de Medición de grietas.
- Ensayo de Resistencia del Concreto Utilizando Esclerómetro.
- Ensayo por Perforación con Broca Diamantada.

POR ANÁLISIS DATOS PARA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA Y SERVICIO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

- Cálculos Manuales
- Modelamiento en SAP 2000

Los cuales detallaremos a continuación:

A. POR ENSAYOS EN CAMPO

- ENSAYO DE MEDIDCIÓN DE GRIETAS

OBJETIVO:

Determinar la anchura de una grieta o fisura en hormigón u otros materiales de construcción.

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Medidor de ancho de grietas en mm.

PROCEDIMIENTO:

Realizamos el ensayo de medidor de grietas o fisuras colocando el medidor en cada fisura encontrada, determinando así, el ancho de esta en el concreto, este medidor tiene marcada líneas graduadas y cada una tiene una anchura específica.

- ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO ESCLEROMETRO

OBJETIVO:

Este ensayo tiene como objetivo determinar niveles de calidad de resistencia cuando no se tiene información al respecto o también apreciar

cuando se cuenta con información, la evolución de la resistencia de la estructura.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS:

- Esclerómetro o martillo de rebote

PROCEDIMIENTO:

El esclerómetro lo utilizamos en forma perpendicular sobre la superficie del concreto que se va a evaluar y se ejerce presión para permitir que el embolo se libere y se deja que se extienda hasta alcanzar su máxima extensión, eliminando la presión sobre el martillo, cuidando siempre que se conserve la perpendicularidad y que la presión sea uniforme hasta que la masa interna del martillo golpee la superficie del concreto. Después del impacto se oprime el botón pulsador y se toma la lectura en la ventana de la escala graduada, registrando el índice de rebote, medido de 10 a 100.

- **ENSAYO DE PERFORACION CON BROCA DIAMANTADA**

OBJETIVO:

Este ensayo tiene como objetivo obtener muestras de núcleos que reflejen las condiciones de la estructura y que sean apropiados para la determinación de las propiedades físicas normales de ensayo y para la verificación de la integridad estructural. Es un ensayo destructivo.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS:

- Cemento grout 212
- Sikadur 32
- Brocha
- Pernos de anclaje de 1 1/2x4"
- Equipo de perforación
- Taladro
- Agua

PROCEDIMIENTO:

Iniciamos utilizando el detector de aceros, marcamos 3 puntos de donde sacaríamos las muestras, seguidamente con el taladro, se hicieron

agujeros donde se anclarían los pernos junto con el equipo, una vez puesto se daba inicio a la perforación y recolección de muestras.

B. POR ANÁLISIS DATOS PARA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA Y SERVICIO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

OBJETIVO:

Modelar la estructura de la Bocatoma Chuschuco Tacna en el programa SAP2000 VERSION 19, con la finalidad de obtener un análisis de la resistencia requerida (R_u) y mediante fórmulas de ingeniería obtener la resistencia de diseño (ΦR_n) de la estructura de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna para obtención de resultados de cargas de compresión, flexión y cortante.

PROCEDIMIENTO:

Realizamos el modelamiento de la bocatoma con ayuda de planos y del programa SAP2000, una vez dibujado se obtuvieron resultados requeridos para la comparación con los resultados de diseño en cargas de compresión, flexión y cortante que presenta la estructura de acuerdo a la normativa Técnica Peruana E060.

CAPITULO IV

RESULTADOS

El departamento de Tacna en temporadas pasadas, ha soportado una gran variedad de lloviznas y huaycos, generándose deterioros, desbordamientos de ríos en los cauces de ríos Caplina y Uchusuma, siendo afectadas como punto crítico las bocatomas.

Por ello, en la Bocatoma Chuschuco para determinar el comportamiento de la estructura realizamos ensayos destructivos y no destructivos in situ, y simultáneamente mediante cálculos manuales y cálculos de software (SAP 2000), se realizó un análisis estructural con la finalidad de hallar los esfuerzos y momentos de la estructura.

A. RESULTADOS RECOPIADOS EN CAMPO

En la Bocatoma Chuschuco se realizaron dos tipos de ensayos, destructivos y no destructivos, con la finalidad de hallar la resistencia del concreto teniendo como resultado las siguientes tablas:

A.1 ENSAYO NO DESTRUCTIVOS

A.1.1 ENSAYO DE MEDICION DE GRIETAS

Los resultados de este ensayo se encuentran en las siguientes hojas:

ENSAYO DE MEDICION DE GRIETAS

Ubicación : Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía **Lugar**: Bocatoma Chuschuco

Muestra : Bocatoma Chuschuco

Fecha: Diciembre 2017

UBICACIÓN DE OBTENCION DE MUESTRAS:

En la siguiente imagen se observa los puntos en donde se realizaron el ensayo de medición de grietas:



Figura N°08: Ubicación de obtención de muestras de ensayo de medición de grietas.

Fuente: Google Earth.

ENSAYO DE MEDICION DE GRIETAS

Ubicación : Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía **Lugar:** Bocatoma Chuschuco

Muestra : Bocatoma Chuschuco

Fecha: Diciembre 2017

CÁLCULO DE GABINETE:

De acuerdo a la tabla N°01 para anchos de fisuras razonables, indica que para estructuras de retención de agua el valor límite de las fisuras no tendrá que ser mayor de $w = 0.10$ mm.

FOTOS DEL ENSAYO:

En las figuras mostradas a continuación se visualizan las mediciones de los anchos de grietas de la bocatoma:



Figura N°09: Registro de fisura en el exterior de la infraestructura de la bocatoma

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 10: Registro de fisura en la loza de bocatoma.

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE MEDICION DE GRIETAS

Ubicación : Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía **Lugar:** Bocatoma Chuschuco

Muestra : Bocatoma Chuschuco **Fecha:** diciembre 2017

RESULTADO: En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo de grietas:

Tabla N° 05 Recopilación de Fisuras en Estructura de Bocatoma

N°	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	LECTURAS TOMADAS											Med.
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	PROM.	mm
1	TERIORES DE LA BOCATOMA	5	10	15	5	10	10	15	10	10	15	10.5	10.50
2	EN LA SECCION DE COMPUERTAS	5	10	15	10	25	10	15	10	10	15	12.5	12.50
3	ENTRADA DE CANAL DE CONDUCCION	5	10	15	10	10	10	15	10	10	15	11.0	11.00

Fuente: Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO:

De los datos obtenidos en campo realizados se obtuvo un promedio de 11.33 mm, sabiendo que los parámetros establecidos de ACI 224, para estructuras para retención de agua no debe superar 0.10 mm (Tabla N° 01), se puede indicar que las fisuras de la estructura superan sus valores establecidos

El ensayo firmado por el asesor de tesis responsable se encuentra en el anexo N°04.

A.1.2 ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO ESCLEROMETRO

Los resultados de este ensayo se encuentran en las siguientes hojas:

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

ASTM – C805

Ubicación	: Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar:	Laboratorio de Suelos
Muestra	: Concreto de Bocatoma	Procedencia:	Bocatoma Chuscuco
Código	: ASTM – C 805	Fecha:	Diciembre 2017

UBICACIÓN DE OBTENCION DE MUESTRAS:

En la siguiente figura se observa los puntos en donde se obtuvieron las muestras del ensayo de resistencia del concreto utilizando esclerómetro:

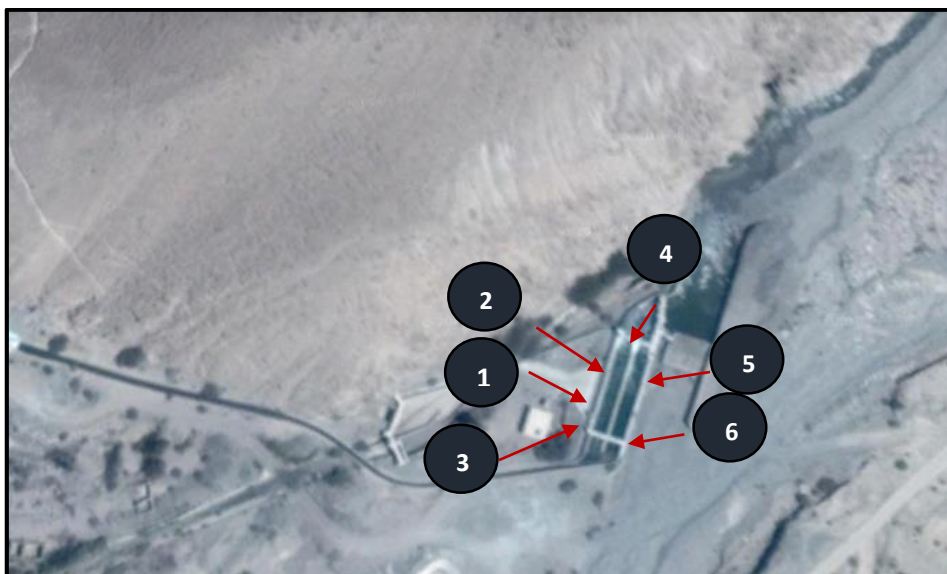


Figura N°11: Ubicación de obtención de muestras de ensayo resistencia del concreto utilizando esclerómetro.

Fuente: Google Earth

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

ASTM – C805

Ubicación	: Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar:	Laboratorio de Suelos
Muestra	: Concreto de Bocatoma	Procedencia:	Bocatoma Chuschuco
Código	: ASTM – C 805	Fecha:	Diciembre 2017

CALCULO DE GABINETE: Para la obtención de resultados de la resistencia del concreto se utilizó la siguiente figura:

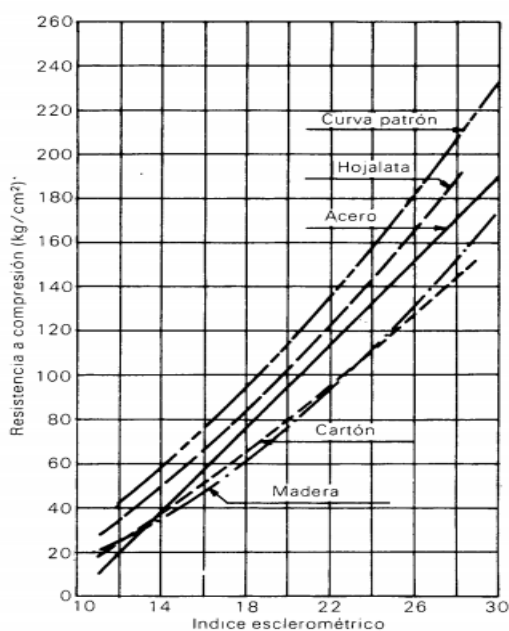


Figura N°12: Resistencia a la compresión e índice esclerométrico

Fuente: Gomez,J. (sin año)

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

ASTM – C805

Ubicación	: Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar:	Laboratorio de Suelos
Muestra	: Concreto de Bocatoma	Procedencia:	Bocatoma Chuschuco
Código	: ASTM – C 805	Fecha:	Diciembre 2017

FOTOS DEL ENSAYO: En las figuras mostradas a continuación se visualizan el equipo utilizado y el registro del ensayo con esclerometro:



Figura N°13: Equipo esclerometro

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 14: Registro de resistencia de la estructura con el esclerometro

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL ESCLERÓMETRO

ASTM – C805

Ubicación : Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía **Lugar:** Laboratorio de Suelos
Muestra : Concreto de Bocatoma **Procedencia:** Bocatoma
 Chuschuco
Código : ASTM – C 805 **Fecha:** Diciembre 2017

RESULTADOS: En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo utilizando esclerometro:

Tabla N° 06: Resistencia obtenida de la estructura Bocatoma Chuschuco

N°	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	LECTURAS TOMADAS											Resist.
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	PROM.	kg./cm ²
1	PUNTO 1	27	26	25	28	25	27	26	28	26	22	26.0	140.00
2	PUNTO 2	32	28	26	28	29	27	28	27	28	26	27.9	169.00
3	PUNTO 3	27	26	26	35	28	27	26	32	26	27	28.0	170.00
4	PUNTO 4	27	26	28	31	27	28	26	28	22	27	27.0	160.00
5	PUNTO 5	28	33	28	26	33	32	27	29	26	28	29.0	190.00
6	PUNTO 6	26	28	27	32	26	28	27	26	27	23	27.0	160.00

Fuente: Laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO:

De los datos obtenidos de la Tabla N°06, se realizó un promedio de resistencia del concreto del ensayo con esclerómetro, el cual dio como resultado **165 kg/cm²**. Cabe indicar que el ensayo con esclerómetro solo nos indica la homogeneidad del concreto mas no es fiable en la determinación de la resistencia.

El ensayo firmado por el asesor de tesis responsable se encuentra en el anexo N°05.

A.2 ENSAYO DESTRUCTIVO

A.2.1 ENSAYO DE PERFORACIÓN CON BROCA DIAMANTADA

Los resultados de este ensayo se encuentran en las siguientes hojas:

ENSAYO DE PERFORACIÓN CON BROCA DIAMANTADA

NTP 339.059

Ubicación	: Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar:	Laboratorio de Suelos
Muestra	: Concreto de Bocatoma	Procedencia:	Bocatoma Chuschuco
Código	: NTP 339.059	Fecha:	Diciembre 2017

UBICACIÓN DE OBTENCION DE MUESTRAS:

En la siguiente figura se observa los puntos en donde se obtuvieron las muestras del ensayo de perforación de broca diamantada:



Figura N°15: Ubicación de obtención de muestras de ensayo perforación con broca diamantada.

Fuente: Google Earth

ENSAYO DE PERFORACIÓN CON BROCA DIAMANTADA

NTP 339.059

Ubicación	: Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar:	Laboratorio de Suelos
Muestra	: Concreto de Bocatoma	Procedencia:	Bocatoma Chuschuco
Código	: NTP 339.059	Fecha:	Diciembre 2017

FOTOS DEL ENSAYO: En las figuras mostradas a continuación se visualiza el procedimiento realizado para el ensayo de perforación con broca diamantada.



Figura N°16: Trazo de ubicación de muestra.

Fuente: Elaboración propia.

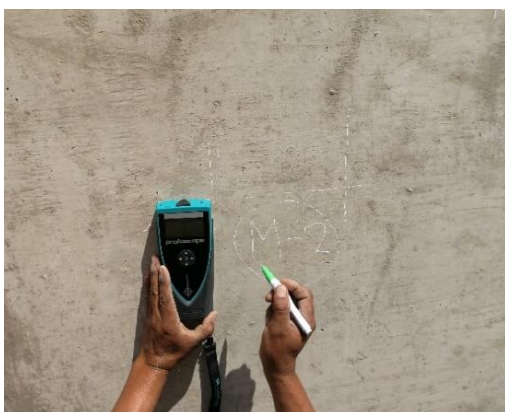


Figura N°17: Detector de acero.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 18: Colocación de equipo de Diamantina.

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE PERFORACIÓN CON BROCA DIAMANTADA

NTP 339.059

Ubicación : Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar: Laboratorio de Suelos
Muestra : Concreto de Bocatoma	Procedencia: Bocatoma Chuschuco
Código : NTP 339.059	Fecha: Diciembre 2017



Figura N°19: Retiro de muestra.

Fuente: Elaboración propia.

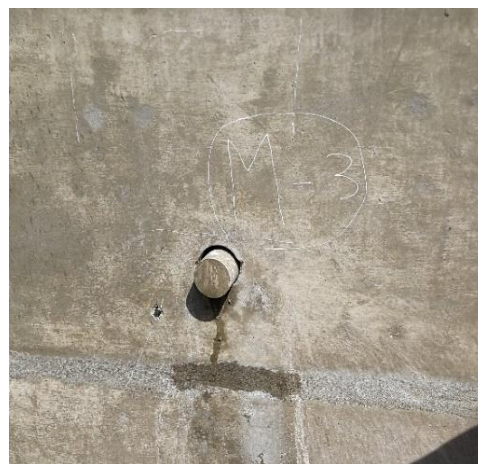


Figura N°20: Muestra de Concreto.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°21: Muestras con azufre y pectonita.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°22: Muestra en compresión.

Fuente: Elaboración propia.

ENSAYO DE PERFORACIÓN CON BROCA DIAMANTADA

NTP 339.059

Ubicación : Dpto. Provincia Tacna y Dis. Pachía	Lugar: Laboratorio de Suelos
Muestra : Concreto de Bocatoma	Procedencia: Bocatoma C.
Código : NTP 339.059	Fecha: Diciembre 2017

RESULTADOS: En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo utilizando la broca diamantada:

Tabla N°08: Resistencia obtenida de la muestra de la estructura Bocatoma Chuschuco.

N° de Prob.	DESCRIPCION	Diametro cm.	Altura cm.	Fecha de Rotura	Area cm ²	Factor de Corrección L/D	Lectura Kg.-F	Resist. kg./cm ²	Resist. Corregida
1	MUESTRA 1	7.3	4	28/12/17	41.85	0.87	10478	250.35	217.80
2	MUESTRA 2	7.3	7.8	28/12/17	41.85	0.87	7735	184.81	160.78
3	MUESTRA 3	7.3	10.5	28/12/17	41.85	0.96	3819	91.25	87.60

Fuente: Laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO:

La Tabla N°08, muestra que la resistencia promedio del concreto es de **155 kg/cm²**. Como se observa este valor solo representa un 73% de la resistencia de diseño (210Kg/cm²).

Cabe mencionar que en ítem 5.6.5.4 de la norma técnica de edificaciones E.060 se indica que:” *El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual al 85% de f'c y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75% de f'c.*”, como se observa en la tabla N°08, las muestras extraídas no cumple con lo mencionado en el ítem 5.6.5.4.

El ensayo firmado por el asesor de tesis responsable se encuentra en el anexo N°06.

B. RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA Y SERVICIO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Para la evaluación de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna se verificó que la resistencia del diseño (ϕR_n) de la estructura sea por lo menos igual o mayor a las resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas obtenidas del programa SAP 2000

$$\phi R_n \geq R_u$$

Para nuestro análisis, a resistencia requerida para carga muerta (CM) y carga viva hidrostática (CVHIDRO), adoptada de la norma E 060 se utilizó lo siguiente:

$$U = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CVHIDRO}$$

Para el cálculo de cargas se despreció el empuje del suelo.

Con respecto a esta evaluación se procedió a utilizar el programa SAP 2000:

a) Combinación de carga:

Con la ayuda del programa SAP2000 se procedió a ingresar los datos de combinación de cargas, como se muestra en la siguiente figura:

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
CARGA MUERTA	Linear Static	1.4
CARGA MUERTA	Linear Static	1.4
CARGA HIDROSTÁTICA	Linear Static	1.7

Figura N°23: Combinación de Carga

Fuente: Elaboración propia SAP 2000 (2017)

b) Diagrama de esfuerzos:

Se muestra en la figura N°24 que la estructura vista desde la base a la superficie, el diagrama de esfuerzos de manera descendiente donde el color verde indica la mayor cantidad esfuerzo concentrada en la estructura:

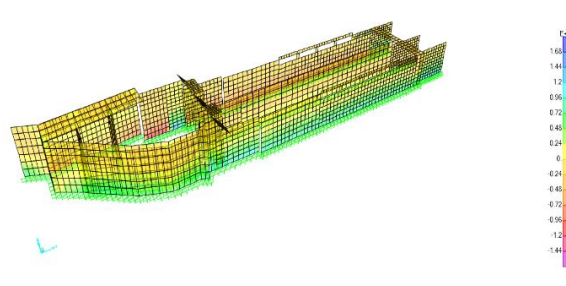


Figura N°24: Diagrama de esfuerzos.

Fuente: Elaboración propia SAP 2000 (2017)

c) Diagrama de Momentos:

Se muestra en la figura N°25 que la estructura vista desde la base a la superficie, el diagrama de momentos de manera descendiente donde el color celeste indica la mayor cantidad de momento concentrada en la estructura:

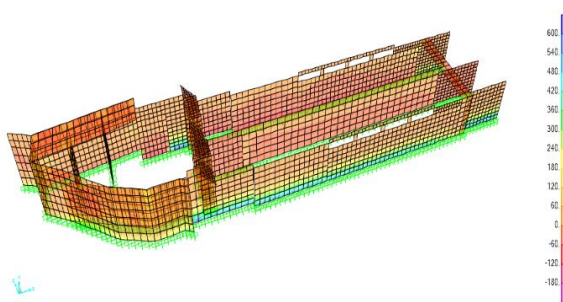


Figura N°25: Diagrama de Momentos.

Fuente: Elaboración propia SAP 2000 (2017)

d) Parámetros de comparación:

Debido a que los resultados de los esfuerzos y momentos de la bocatoma son mayores en la parte inferior de la estructura, se procedió a realizar el análisis a una distancia de 14.79 m. como se muestra en la figura N°26 para su respectiva comparación.

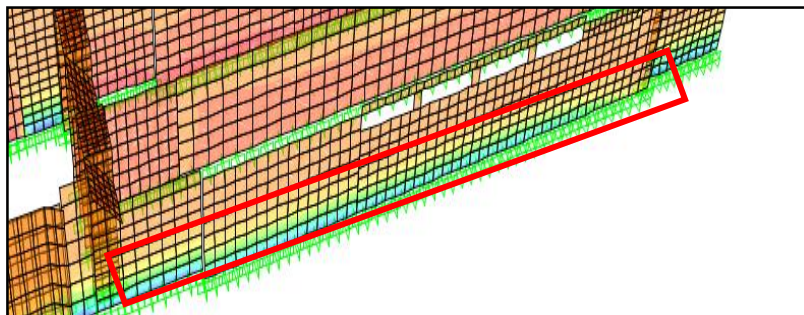


Figura N°26: Sección de diseño evaluada

Fuente: Elaboración propia SAP 2000 (2017).

e) Resultados:

De los datos obtenidos del modelamiento realizado con el programa SAP2000, se muestran los siguientes valores en la Tabla N°09, de donde se verificara el diseño por compresión, flexión y corte:

Tabla N°09: Tabla de resultados.

TABLA DE RESULTADOS DE ESFUERZOS Y MOMENTOS								
Sección	Salida	Tipo	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
SECCION CUTS	COMB1	Combination	-3969.23	-614.74	-8685.93	9999.82	-86.98	-6025.54

Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

B.1 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO POR COMPRESIÓN

Para el diseño de secciones sometidas a compresión debe estar basado en la siguiente ecuación:

$$\phi P_n \geq P_u \dots (1)$$

En este caso ϕP_n , para determinar la resistencia del muro de concreto a la compresión, se calculó con la siguiente fórmula:

$$\phi P_n = 0.55 \phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right] \dots (2)$$

$$\phi P_n = 0.55 \cdot 0.70 \cdot 155 \cdot (30 \cdot 1479) \left[1 - \left(\frac{0.8 \cdot 30}{32 \cdot 30} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 2646124.89 \text{ Kg}$$

Donde:

ϕ = factor de reducción de resistencia igual a 0,70

l_c = altura libre del muro

A_g = área de la sección transversal del muro

k = factor de longitud efectiva, para diferentes condiciones se muestran los valores:

Para muros arriostrados en la parte superior e inferior con el fin de evitar el desplazamiento lateral y:

Restringidos contra la rotación en uno o ambos extremos (superior y/o inferior).....0,8

No restringidos contra la rotación en ambos extremos1,0

Para muros no arriostrados con el fin de evitar el desplazamiento lateral.....2,0

Sabiendo que:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$2646124.89 \text{ Kg} \geq 3969.23 \text{ Kg}$$

Donde:

P_u = Fuerza Axial amplificada de Tabla N° 09

INTERPRETACION DE RESULTADOS

La carga de compresión a la que está sometida el muro existente analizado (P_u) es menor que lo estimado en la ecuación 1. En tal sentido la estructura tiene una adecuada resistencia a la compresión.

B.2 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO POR FLEXIÓN

Para la verificación del diseño de flexión del momento se utilizó la siguiente ecuación:

$$M_r \geq M_a \dots (3)$$

En este caso (M_r) el momento nominal resistente tiene que ser mayor que el momento actuante.

Sabiendo que el (M_a) momento nominal actuante, tiene los siguientes valores indicados en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla N°10: Tabla de resultados de Momentos actuantes
Obtenidos en SAP 2000

M2	M3
Kgf-m	Kgf-m
86.98	6025.54

Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

Para la verificación del diseño de flexión Se procedió a hallar los momentos resistentes:

B.2.1 Momento resistente M2:

El **M2** se obtuvo de una base de 0.30 M, se procedió a hallar el área de acero, sabiendo que lo indicado en planos es una

separación de varilla es de 0.25 m, se obtuvo como área de acero 0.71 cm² por lo cual procedemos a hallar el momento resistente:

De acuerdo al área de Acero 0.71 cm²:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$a = \frac{2982}{5355}$$

$$a = 0.5568 \text{ cm}$$

El momento resistente será:

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 70,737.8112 \text{ kg cm}$$

$$M_n = 707.378112 \text{ kg m}$$

Sabiendo que:

$$M_r \geq M_a$$

$$707.38 \text{ Kg m} \geq 86.98 \text{ Kg m}$$

INTERPRETACION DE RESULTADOS

El momento actuante en **M2** es **Mn=86.98 Kg m**, con respecto al momento resistente **Mn=707.38 Kg m**, se observa que este valor solo representa el **12.30 %** de él, por lo cual se puede determinar que la estructura si cumple con la verificación realizada.

B.2.2 Momento resistente M3:

El **M3** se obtuvo de una base de 14.79 M, se procedió a hallar el área de acero, sabiendo que lo indicado en planos es una separación de varilla es de 0.25 m, se obtuvo como área de acero 39.76 cm² por lo cual procedemos a hallar el momento resistente:

De acuerdo al área de Acero 39.76 cm²:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$a = \frac{166992}{264001.5}$$

$$a = 0.633 \text{ cm}$$

El momento resistente será:

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 3,954,955.032 \text{ kg cm}$$

$$M_n = 39,549.55 \text{ kg m}$$

Sabiendo que:

$$M_r \geq M_a$$

$$39,549.55 \text{ Kg m} \geq 6,025.54 \text{ Kg m}$$

INTERPRETACION DE RESULTADOS

El momento actuante en **M3** es **Mn=6,025.54 Kg m**, con respecto al momento resistente **Mn= 39,549.55 Kg m**, se observa que este valor solo representa el **15.24 %**, por lo cual se puede determinar que la estructura si cumple con la verificación realizada.

B.3 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO POR CORTE

El diseño de secciones transversales sometidas a fuerza cortante debe estar basado en la siguiente ecuación:

$$\phi V_n \geq V_u \dots (4)$$

Donde:

V_u : fuerza cortante amplificada en la sección considerada (actuante)

V_n : es la resistencia nominal al cortante calculado mediante

$$\phi : 0.85$$

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

V_s : resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante

Para acelerar nuestro cálculo se despreciara el aporte de la resistencia al cortante del acero ($V_s=0$).

Para la comprobación por corte del concreto comparamos la fuerza cortante amplificada que nos arrojó el programa SAP2000 con la resistencia al corte del concreto (V_c), El cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \dots (5)$$

Donde:

f'_c = resistencia del concreto obtenida de ensayo

b = espesor

d = ancho

De acuerdo a los datos Obtenidos de SAP 2000 de la Tabla N°09 se obtuvo que la fuerza cortante amplificada (V_u) será:

Tabla N°11: Tabla de Resultados de Fuerzas Cortantes Obtenidos en SAP 2000

Vu2	Vu3
Kgf	Kgf
-614.74	-8685.93

Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

Para la verificación del diseño de corte, Se procedió a hallar la resistencia nominal al cortante en las fuerzas:

B.3.1 Resistencia nominal al cortante V_{c2}

Para la ecuación 5 Siendo $f'_c = 155 \text{ Kg/cm}^2$, $b = 30 \text{ cm}$ y $d = 1479 \text{ cm}$ se obtuvo el siguiente resultado:

$$V_c = 292,773.08 \text{ Kgf}$$

Verificando con la ecuación 4 obtenemos que:

$$248,857.12 \text{ Kg f} \geq 614.74 \text{ Kg f}$$

B.3.2 Resistencia nominal al cortante V_{c3}

Para la ecuación 5 Siendo $f'_c = 155 \text{ Kg/cm}^2$, $b = 1479 \text{ cm}$ y $d = 30 \text{ cm}$ se obtuvo el siguiente resultado:

$$V_c = 292,773.08 \text{ Kgf}$$

Verificando con la ecuación 4 obtenemos que:

$$248,857.12 \text{ Kg f} \geq 8685.93 \text{ Kg f}$$

INTERPRETACION DE RESULTADOS

De acuerdo a la Ecuación 4, se pudo determinar que la resistencias nominales de cortantes (**248,857.12 Kg f**), si cumplen con respecto a las

resistencias de cortantes amplificadas (**614.74 Kg f y 8,685.93 Kg f**) de la bocatoma Chuschuco de acuerdo al ítem 11.1.1 de la normativa E 060.

CAPITULO V

DISCUSION

Como hipótesis específicas 1, se han considerado la siguiente:

“Actualmente la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, presenta deficiencias estructurales leves (grietas y fisuras) debido a los cambios bruscos de captación de agua por lluvias de gran intensidad y desbordamientos de ríos, por ello también la calidad de los materiales con la que fue construida la estructura presenta malas condiciones”.

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

- Según el estudio realizado por Teodoro Harmsen (Harmsen, 2002,3ra E.), especifica que debido a la baja resistencia a la tracción del concreto, los elementos de este material son proclives a agrietarse. Los elementos (estructuras) de concreto armado se agrietan fundamentalmente por los esfuerzos de tracción ocasionados por las cargas externas y por las deformaciones impuestas por los cambios volumétricos restringidos, las Grietas pueden conducir a un mal comportamiento de la estructura bajo cargas de servicio. Por ejemplo filtraciones en estructuras que retienen líquidos y daños en los acabados, en conclusión, debido a que la estructura en evaluación (Bocatoma Chuschuco) incrementa y disminuye su caudal, las paredes de esta están sometidas a diferentes tipos de cargas que generan este tipo de fisuras externas en la estructura.
- A fin de controlar el ancho de fisuras de estructuras para almacenamiento de agua según comité ACI 224R, se tiene que tener un ancho permisible de grietas $w \leq 0.010$ mm como máximo.
- Para obtener un buen concreto no sólo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas. Es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado (Harmsen, 2002,p 11), para determinar la calidad de concreto de nuestro estudio es necesario realizar ensayos en campo.

- Los ensayos que se realizaron cumplen con el propósito de conocer el comportamiento del concreto y calidad con la que se encuentra actualmente la estructura de la bocatoma Chuschuco.

Como hipótesis específicas 2, se han considerado la siguiente:

“La resistencia de diseño (ΦR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna es mayor que la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante”

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

- Las propiedades mecánicas de los materiales de la Bocatoma Chuschuco se comportan de diferente manera cuando están sometidas a fuerzas externas. La mecánica de estos materiales estudia las deformaciones y describen como se comporta un material cuando se le aplican dichas fuerzas en las que se originan esfuerzos de compresión flexión y corte.
- Es muy importante conocer las modificaciones que sufren los materiales de la Bocatoma Chuschuco cuando están sometidos a diferentes fuerzas, ya que esto depende en buena parte el comprender como habrá de comportarse un material en ciertas condiciones como es el caso de la presión hidrostática y de esta manera conjeturar algunas características como su dureza o su resistencia a algunos esfuerzos.
- Con la finalidad de obtener resultados de esfuerzos, se optó por utilizar el programa SAP 2000 por ser una herramienta de apoyo para el diseño, siempre y cuando se tenga en cuenta la correcta utilización del programa por parte del proyectista.

Finalmente, como hipótesis general se ha definido lo siguiente:

“El estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuscuco de la ciudad de Tacna, presenta diversos tipos de daños estructurales, trayendo como consecuencia la inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico para la población de Tacna.”

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

- Este estudio se realiza con el fin de evitar inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico en bocatoma futuras para generar la prolongación de su vida útil en estas, ya que este tipo de estudios en el Perú no se efectúan continuamente y aun sabiendo que la tasa de crecimiento demográfico sigue en aumento, este tipo de proyectos se vuelven más trascendentes.
- Es necesario aclarar que este estudio se ha elaborado con la finalidad de evaluar preliminarmente la capacidad de resistencia, estabilidad y funcionalidad estructural de Bocatoma Chuscuco – Tacna, mediante ensayos destructivos y no destructivos in situ, y simultáneamente realizar una comparación de resultados obtenidos verificando que la resistencia del diseño (ϕR_n) de estructura existente sea por lo menos igual o mayor a las resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas obtenidas del programa SAP 2000, teniendo en cuenta las propiedades típicas de compresión, flexión y corte, respetando la Norma Peruana E 060 y normas internacionales como es el ACI 224R.
- Los datos obtenidos en la investigación ayudaron para evaluar el estado estructural preliminar actual de la Bocatoma Chuscuco, no obstante es necesario complementar este tipo de estudios a fin de ampliar conocimientos en estructuras hidráulicas, ejemplo mediante análisis sísmicos si existiría una normativa para estructuras hidráulicas en el Perú.

CONCLUSIONES

Las conclusiones son en base al producto de la demostración o negación de la hipótesis y alcance de objetivos específicos y general, por ello daremos a conocer a continuación:

PRIMERA CONCLUSIÓN

Para desarrollar este estudio fue necesario recopilar información mediante ensayos in situ (destructivos y no destructivos), realizados en la bocatoma Chuscuco Tacna y se compararon los resultados obtenidos verificando que la resistencia del diseño (ϕR_n) de la estructura existente sea por lo menos igual o mayor a la resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas empleadas del programa SAP 2000, a pesar de que la estructura actualmente presenta fisuras y baja resistencia a la compresión del concreto con respecto a las especificaciones de diseño, la infraestructura existente si presenta una adecuada resistencia.

SEGUNDA CONCLUSIÓN

Las deficiencias encontradas en la bocatoma Chuscuco de la ciudad de Tacna, fueron una gran cantidad de grietas exteriores, de acuerdo al análisis realizado obtuvimos un ancho de grietas de 11.33 mm teniendo en cuenta que los parámetros establecidos de acuerdo al ancho permisible de grietas de estructuras para retención de agua es de 0.10 mm.

Así mismo se optó por evaluar la homogeneidad y resistencia a la compresión del concreto mediante ensayos con esclerómetro y ensayo de perforación con broca diamantada. De acuerdo con los resultados del ensayo con esclerómetro se obtuvo una resistencia promedio de $f'c = 165 \text{ kg/cm}^2$ mientras que para el ensayo de perforación con broca diamantada se obtuvo una resistencia promedio de $f'c = 155 \text{ kg/cm}^2$, el cual solo representa el 73% de la especificación técnica de diseño. Cabe mencionar que la norma E.060 indica que el promedio de tres núcleos debe

ser por lo menos igual al 85%, en tal sentido se concluye que el concreto no es estructuralmente adecuado.

TERCERA CONCLUSIÓN

Se determinó la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna y se comparó con la resistencia requerida (R_u), siendo utilizado como herramienta de apoyo el programa SAP 2000 de donde se obtuvieron resultados para las cargas actuantes en fuerzas de compresión, flexión y cortante.

De los resultados, se concluye que la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna es mayor que la resistencia requerida (R_u), como se muestra en la siguiente tabla de resumen:

	RESISTENCIA DE DISEÑO	CARGA ACTUANTE
COMPRESIÓN	2,646,124.89 Kg	3,969.23 Kg
FLEXIÓN	Mn=39,549.55 kg m	Mn=86.98 kg m
	Mn=39,549.55 kg m	Mn=6,025.54 kg m,
CORTANTE	248,857.12 Kg f	614.74 Kgf
	248,857.12 Kg f	8,685.93 Kgf

RECOMENDACIONES

PRIMERA RECOMENDACIÓN

Debido a la existencia de caudales altos en la bocatoma en las épocas de lluvia, la estructura podría sufrir daños estructurales, por ello se recomienda que las instituciones encargadas JUNTA DE USUARIOS DEL VALLE DE TACNA Y PROYECTO ESPECIAL TACNA, realicen una evaluación detallada de la estructura y tengan no solo un control de limpieza y descolmatación, si no también que realicen una rehabilitación de la estructura en las paredes expuestas en contacto con el agua.

SEGUNDA RECOMENDACIÓN

Se recomienda que las instituciones encargadas JUNTA DE USUARIOS DEL VALLE DE TACNA Y PROYECTO ESPECIAL TACNA, Realizar una reparación de fisuras mediante la utilización de resinas epóxicas y realizar ensayos de impermeabilidad como también ensayos de corrosión del acero ya que la resistencia a la corrosión es relativamente baja.

TERCERA RECOMENDACIÓN

Se recomienda al Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción (SENCICO), elaborar nuevas normas de diseño para estructuras especiales tales como reservorios, puentes, bocatomas y otros. Ya que en nuestro estudio no hemos podido realizar un análisis más complejo como es el caso del análisis sísmico debido a falta de códigos o normativas para el análisis y diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CSI SPAIN, (Sin Año), *Definición de SAP 2000* Recuperado de <http://www.csiespana.com/software/2/sap2000#submenu-top>

Díaz Ibáñez, R., 2015, *Análisis de la estabilidad y diseño estructural de la bocatomas del P.H. paso ancho*. Universidad Nacional Autónoma de México, México) Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7416/Tesis.pdf?sequence=1>

Gonzalez Cuevas, Oscar.,(2005),*Aspectos fundamentales del concreto reforzado, Cuarta edición*. Recuperado de <https://marodyc.files.wordpress.com/2014/06/aspectos-fundamentales-concreto-reforzado-gonzalez-cuevas.pdf>

Gomez Cortes,J.,(sin año), *Determinación del índice esclerométrico en hormigones: factores que lo afectan*. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingeciv/article/viewFile/21576/22582>

Harmsen, T., (2002), *Diseño de estructuras de concreto armado, Tercera edición*. Recuperado de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/diseño-de-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>

Lopez Rodriguez,F., Rodriguez Rodriguez,V., Santa Cruz Astorqui,J., Torreño Gomez,I., Ubeda de Mingo,P.,sin año, *Manual de patología de la edificación*. Recuperado de: https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruz-old/Docencia/cursos/ManualPatologiaEdificacion_Tomo-1.pdf

Ministerio de Agricultura, 2002, *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma*. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_caplina_uchusuma_0_0.pdf

Morales Morales, R.,(2006), *Diseño en concreto armado, sexta edición*. Recuperado de <https://cicaperu2025.wixsite.com/cica/single-post/2017/03/07/DISE%C3%91O-EN-CONCRETO-ARMADO-ING-ROBERTO-MORALES-MORALES---ICG---Descarga-Gratis>

Nizama Vasquez, H., 2012. Recuperado de <https://es.slideshare.net/hcnizamav/estructuras-hidraulicas>

Norma técnica peruana 339.059,2011, *Método para la obtención y ensayo de Corazón diamantino y vigas seccionadas de hormigón*. Recuperado de: https://es.scribd.com/upload-document?archive_doc=357055670&escape=false&metadata=%7B%22context%22%3A%22archive_view_restricted%22%2C%22page%22%3A%22read%22%2C%22action%22%3Afalse%2C%22logged_in%22%3Atrue%2C%22platform%22%3A%22web%22%7D

Otazzi Pasino,G.,(2004), *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado*. Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1055/OTTAZZI_PASINO_GIANFRANCO_MATERIAL_ENSE%20ANZA_CONCRETO_ARMADO.pdf?sequence=1

Pérez Porto, J., 2017. Recuperado de <https://definicion.de/desembocadura/>

Priale Jaime,A.,(2003), *Obras hidráulicas de concreto en el Perú*. Recuperado de http://web.asocem.org.pe/asocem/bib_img/77107-8-1.pdf

Proyecto Especial Tacna, 2004, *Mantenimiento de la Bocatoma Chuschuco*.

Rocha Felices, A., 2003, *La Bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico*. Recuperado de http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

ANEXO 01

MATRÍZ DE CONSISTENCIA

MATRÍZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO	VARIABLE	INDICADOR	METODO
¿Cuál es el estado estructural preliminar actual de la Bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna?	El estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, presenta diversos tipos de daños estructurales, trayendo a futuro como consecuencia la inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico para la población de Tacna.	Determinar el estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna.	Variable dependiente: Evaluación estructural preliminar.	-Deficiencias estructurales agrietamientos, daños que afectan el correcto funcionamiento de la estructura.	Descriptivo
				-Deterioro de los materiales	Explicativo
			Variable independiente: Bocatoma Chuschuco Tacna	-Estudio de la Demanda	Descriptivo
				-Hidrología -Hidráulica Fluvial -Geología -Geotecnia -Materiales de Construcción	Explicativo
¿Cuáles son las deficiencias estructurales y calidad de los materiales de la Bocatoma Chuschuco Tacna?	Actualmente la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, presenta deficiencias estructurales leves (grietas y fisuras) debido a los cambios bruscos de captación de agua por lluvias de gran intensidad y desbordamientos de ríos, por ello también la calidad de la estructura de los materiales con los que fue construida presentan malas condiciones.	Realizar una revisión general de la estructura existente, para observar posibles manifestaciones de deficiencias estructurales o de deterioro de los materiales.			
¿La resistencia de diseño de la bocatoma Chuschuco Tacna es igual o mayor que la resistencia requerida?	La resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna es mayor que la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante.	Determinar la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna y comparar los resultados con la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante.			

ANEXO 02

CUADRO RESUMEN

-PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<p>¿Cuál es el estado estructural preliminar actual de la Bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna?</p>	<p>El estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, presenta diversos tipos de daños estructurales, trayendo a futuro como consecuencia la inoperatividad estructural y desaprovechamiento hidráulico para la población de Tacna.</p>	<p>Determinar el estado estructural preliminar actual de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna.</p>	<p>Para desarrollar este estudio fue necesario recopilar información mediante ensayos in situ (destructivos y no destructivos), realizado en la bocatoma Chuschuco Tacna y se comparó los resultados obtenidos Verificando que la resistencia del diseño (ϕR_n) de estructura existente sea por lo menos igual o mayor a las resistencia requerida (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas empleadas del programa SAP 2000, a pesar de que la estructura actualmente presenta fisuras y baja resistencia a la compresión del concreto con respecto a las especificaciones de diseño, la infraestructura existente si presenta una adecuada resistencia en comparación con las cargas de servicio.</p>	<p>Debido a la existencia de caudales altos en la bocatoma en las épocas de lluvia, la estructura podría sufrir daños estructurales, por ello se recomienda que las instituciones encargadas JUNTA DE USUARIOS DEL VALLE DE TACNA Y PROYECTO ESPECIAL TACNA, realicen una evaluación detallada de la estructura y tengan no solo un control de limpieza y descolmatación, si no también que realicen una rehabilitación de la estructura en las paredes expuestas en contacto con el agua.</p>
<p>¿Se puede realizar una revisión general de las deficiencias estructurales existentes y calidad de los materiales de la Bocatoma Chuschuco Tacna?</p>	<p>Actualmente la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, presenta deficiencias estructurales leves (grietas y fisuras) debido a los cambios bruscos de captación de agua por lluvias de gran intensidad y desbordamientos de ríos, por ello también la calidad de la estructura de los materiales con los que fue construida presentan malas condiciones.</p>	<p>Realizar una revisión general de la estructura existente, para observar posibles manifestaciones de deficiencias estructurales o de la calidad de los materiales.</p>	<p>Las deficiencias encontradas en la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna, fueron una gran cantidad de grietas exteriores, De acuerdo al análisis realizado obtuvimos un ancho de grietas de 11.33 mm teniendo en cuenta que los parámetros establecidos de acuerdo al ancho permisible de grietas de estructuras para retención de agua es de 0.10 mm. Así mismo se optó por evaluarla homogeneidad y resistencia la compresión del concreto mediante ensayos de esclerómetro de y ensayo perforación con broca diamantada. De acuerdo los resultados del ensayo con esclerómetro se obtuvo una resistencia promedio de f'c= 165 kg/cm2 mientras que para el ensayo de perforación con broca diamantada se obtuvo una resistencia promedio de f'c= 155 kg/cm2, el cual solo representa el 73% de la especificación técnica de diseño. Cabe mencionar que la norma E.060 indica que el promedio de tres núcleos debe ser por lo menos igual al 85%, en tal sentido se concluye que el concreto no es estructuralmente adecuado.</p>	<p>Se recomienda que las instituciones encargadas JUNTA DE USUARIOS DEL VALLE DE TACNA Y PROYECTO ESPECIAL TACNA, Realizar una reparación de fisuras mediante la utilización de resinas epóxicas y realizar ensayos de impermeabilidad como también ensayos de corrosión del acero ya que la resistencia a la corrosión es relativamente baja.</p>

<p>¿Se puede determinar la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna, y comparar los resultados de la resistencia requerida (R_u); para cargas de compresión, flexión y cortante?</p>	<p>La resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna es mayor que la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante</p>	<p>Determinar la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna y comparar los resultados con la resistencia requerida (R_u), para cargas de compresión, flexión y cortante.</p>	<p>Se determinó la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco Tacna y se comparó con la resistencia requerida (R_u), Siendo utilizado como herramienta de apoyo el programa SAP 2000 de donde se obtuvieron resultados para las cargas actuantes en fuerzas de compresión, flexión y cortante</p> <p>De los resultados, se concluye que la resistencia de diseño (ϕR_n) de la bocatoma Chuschuco de la ciudad de Tacna es mayor que la resistencia requerida (R_u) , como se muestra en la siguiente tabla de resumen:</p> <table border="1" data-bbox="952 577 1671 825"> <thead> <tr> <th></th> <th>RESISTENCIA DE DISEÑO</th> <th>CARGA ACTUANTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>COMPRESIÓN</td> <td>2,646,124.89 Kg</td> <td>3,969.23 Kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">FLEXIÓN</td> <td>Mn=39,549.55 kg m</td> <td>Mn=86.98 kg m</td> </tr> <tr> <td>Mn=39,549.55 kg m</td> <td>Mn=6,025.54 kg m,</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CORTANTE</td> <td>248,857.12 Kg f</td> <td>614.74 Kgf</td> </tr> <tr> <td>248,857.12 Kg f</td> <td>8,685.93 Kgf</td> </tr> </tbody> </table>		RESISTENCIA DE DISEÑO	CARGA ACTUANTE	COMPRESIÓN	2,646,124.89 Kg	3,969.23 Kg	FLEXIÓN	Mn=39,549.55 kg m	Mn=86.98 kg m	Mn=39,549.55 kg m	Mn=6,025.54 kg m,	CORTANTE	248,857.12 Kg f	614.74 Kgf	248,857.12 Kg f	8,685.93 Kgf	<p>Se recomienda al Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción (SENCICO), elaborar nuevas normas de diseño para estructuras especiales tales como reservorios, puentes, bocatomas y otros. Ya que en nuestro estudio no hemos podido realizar un análisis más complejo como es el caso del análisis sísmico debido a falta de códigos o normativas para el análisis y diseño.</p>
	RESISTENCIA DE DISEÑO	CARGA ACTUANTE																		
COMPRESIÓN	2,646,124.89 Kg	3,969.23 Kg																		
FLEXIÓN	Mn=39,549.55 kg m	Mn=86.98 kg m																		
	Mn=39,549.55 kg m	Mn=6,025.54 kg m,																		
CORTANTE	248,857.12 Kg f	614.74 Kgf																		
	248,857.12 Kg f	8,685.93 Kgf																		

ANEXO 03

**ENSAYO DE MEDICIÓN DE GRIETAS FIRMADO POR
EL ASESOR ENCARGADO**

ANEXO 04

**ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO
UTILIZANDO ESCLEROMETRO FIRMADO POR EL
ASESOR ENCARGADO**

ANEXO 05

**ENSAYO DE PERFORACIÓN CON BROCA
DIAMANTADA FIRMADO POR EL ASESOR
ENCARGADO**

ANEXO 06

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA BOCATOMA

ANEXO 07

PLANO DE CORTE Y SECCIONES DE LA BOCATOMA

ANEXO 08

PLANO DE SECCIONES DE LA BOCATOMA