



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Aplicación del geotubo para reducir la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente
Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019”

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

AUTOR

Ruiz Córdova, José Wilfredo (ORCID: 0000-0003-4272-8799)

ASESOR

Dr. Córdova Salcedo, Felimón Domingo (ORCID: 0000-0003-0338-5156)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA:

A mis abuelos en el cielo los que me cuidan día a día, a mis padres Edgard Ruiz Castro y Nélida Isabel Córdova Agurto, a mi hermano Edgard Ruiz Cordova, por su apoyo incondicional y estar ayudándome siempre. Y a mi novia Carmen Quispe por motivarme a seguir día a día.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios siempre por tantas bendiciones y guiarme en esta lucha constante.

A nuestra distinguida Universidad por facilitarme los materiales e informaciones necesarias para la formación de esta ardua carrera profesional.

A mis docentes por su gran apoyo e información impartida hacia mi persona, siendo fundamentales en mi trabajo de investigación.

A todas las personas que de alguna manera me apoyaron y me animaron en este gran reto.

PÁGINA DEL JURADO

| | | |
|--|------------------------------------|---|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS | Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1 |
|--|------------------------------------|---|

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)

Ríos, Córdova José Alfredo
 (Apellidos, Nombres)

Cuyo título es:

"Aplicación del geotexto para reducir la erosión hídrica en el río Rímac
 Tramo Puente de Rosales, Buzorg - Puente Rímac, Lima 2019"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el
 estudiante, otorgándole el calificativo de:
15 (número) QUINCE (letras).

Lugar y fecha Lima 29 julio del 2019

Ríos Córdova
 PRESIDENTE

[Firma]
 SECRETARIO

Mg. Ing. Pinto Borrantes Raúl
 (Grado Apellidos, Nombre)

Mg. Ing. Velásquez Martínez Carlos
 (Grado Apellidos, Nombre)

[Firma]
 VOCAL

Dr. Córdova Salcedo Felimon
 (Grado Apellidos, Nombre)

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Responsable de SGC | Aprobó | Vicerrectorado de Investigación |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, José Wilfredo Ruiz Cordova identificado con DNI N. ° 71587298, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de julio del 2019



.....
José Wilfredo Ruiz Cordova

DNI: 71587298

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Aplicación del geotubo para reducir la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

La presente investigación consta de 8 capítulos, en el capítulo I: Introducción, Capítulo II: Método, Capítulo III: Resultados, se muestran los resultados del análisis, Capítulo IV: Discusión, Capítulo V: Conclusiones, Capítulo VI: Recomendaciones, Capítulo VII: Referencias bibliográficas y Capítulo VIII: Anexos.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Atentamente.

José Wilfredo Ruiz Córdova

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| PÁGINA DEL JURADO | iv |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | v |
| PRESENTACIÓN | vi |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MÉTODO | 32 |
| 2.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque del estudio | 33 |
| 2.2. Variables y operacionalización | 34 |
| 2.3. Población, muestra y muestreo | 35 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 36 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos | 39 |
| 2.6. Aspectos éticos | 39 |
| III. RESULTADOS | 40 |
| IV. DISCUSIÓN | 86 |
| V. CONCLUSIONES | 89 |
| VI. RECOMENDACIONES | 93 |
| REFERENCIAS | 95 |
| ANEXOS | 102 |
| Anexo 1: Matriz de consistencia | 103 |
| Anexo 2: Fichas de recolección de datos | 105 |
| Anexo 3: Documentos de topografía | 109 |
| Anexo 5: Importación de curvas de nivel al Hec-Ras | 114 |
| Anexo 7: Certificados de calibración de las maquinas | 124 |
| Anexo 8: Panel Fotográfico | 128 |
| Anexo 9: Actas y resultados de turnitin | 132 |

RESUMEN

La finalidad general de esta investigación se basa en determinar de qué manera la socavación hídrica influye en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, teniendo como base parámetros geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos; además de la aplicación de programas computacionales con el fin de dar una posible solución ante el fenómeno hídrico.

Se fundamenta y desarrolla el estudio en base a teorías relacionadas a la rama geotécnica, hidrológica e hidráulica, además de conceptos coherentes al tema del sistema geotubo como sistema de protección lateral y defensa ribereña.

El estudio comprende un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, nivel explicativo y tipo aplicada. La población comprende la socavación hídrica en la cuenca del río Rímac cuya longitud de cauce principal tiene 127.02 km con sus respectivas riberas aledañas y como muestra la socavación hídrica en la subcuenca baja del río Rímac cuya longitud de cauce de análisis es de 3.00 km con sus respectivas riberas. Los instrumentos que se utilizaron son fichas de recolección de datos, registros de caudales, planos cartográficos y ensayos de mecánica de suelos. Se realizaron modelamientos tanto en el programa Hec-Ras como en el programa Slide para representar las secciones del río a investigar como también los factores de seguridad mediante la estabilidad. Para lo que se utilizó tres métodos los cuales se mencionaran más adelante.

Palabras claves: Socavación, estabilidad, geotubo, parámetros, propiedades.

ABSTRACT

The general purpose of this research is based on determining how water undermining influences the application of the geotube in the Rímac River section of Av. Morales Duarez - Puente Rímac, based on geotechnical, hydrological and hydraulic parameters; In addition to the application of computer programs in order to provide a possible solution to the water phenomenon.

The study is based and developed based on theories related to the geotechnical, hydrological and hydraulic branch, in addition to concepts consistent with the geotube system as a system of lateral protection and riparian defense.

The study includes a quantitative approach, non-experimental design, explanatory level and applied type. The population includes the water scour in the Rímac river basin, whose main channel length is 127.02 km with its respective riverbanks and as shown by the water undercutting in the Rímac sub-basin whose analysis channel length is 3.00 km. respective banks. The instruments that were used are data collection cards, flow records, cartographic maps and soil mechanics tests. Modeling was carried out both in the Hec-Ras program and in the Slide program to represent the sections of the river to be investigated as well as the safety factors through stability. For which three methods were used, which will be mentioned later.

Keywords: Scour, stability, geotube, parameters, properties.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

El río como toda forma natural transmite el agua que es una fuente de vida para los seres vivos, pero también es fuente recurrente de desastres naturales como inundaciones y desbordes más aún si las poblaciones se encuentran cercas a las riberas del río, donde transcurre el caudal máximo de avenida proveniente de las precipitaciones en las cuencas altas y que discurren a los ríos. Este proceso a corto plazo genera procesos de socavación en el cauce y ribera lo que constituye la poca estabilidad del mismo.

Para estos casos se opta por diseñar defensas ribereñas o de protección lateral en los ríos para así de alguna manera mitigar el fenómeno de socavación hídrica; utilizando materiales y sistemas muy convencionales o a veces complejos como muros de contención, gaviones, enrocados entre otros. Los sistemas de protección lateral tienen el fin de neutralizar las fuerzas del río permitiendo la subsistencia de estos, como también mejorar el factor de seguridad establecido salvaguardando la vida de la población aledaña y así amenorar de alguna forma la vulnerabilidad de las mismas.

Basado en estudios de materiales internacionales se ha logrado encontrar que el geosintético es un material adaptable para procesos o fenómenos donde el agua es la principal causa o que siempre está como factor de incidencia, ya sean como refuerzos para estabilidad o de filtración de agua, defensas ribereñas, entre otros. De esta manera Cáceres (2013), explica que “Dentro de los sistemas innovadores que se han presentado en esta rama de la ingeniería, tenemos nuevos materiales, como es el caso de los Geosintéticos, que gracias a los controles de calidad a los que son expuestos, están logrando revolucionar el diseño de obras y estructuras” (Pg.20).

Pero un material como el geotubo confeccionado de geosintético y diseñado de forma tubular está dando buenos resultados al ser utilizado generalmente como sistemas de protección y corregimiento costero en playas, además usado en sistemas ribereños para mitigar procesos de erosión y socavación en ríos y laderas en diferentes partes del mundo.

Por lo que Geofabrics (2017), menciona que: “De acuerdo a las circunstancias podría utilizarse más geotubos, permitiendo mucho más tiempo de almacenaje de los biosólidos, reduciendo los riesgos vulnerables a futuras inundaciones” (Pg.1).

Cabe destacar que algunas empresas en el mundo producen geotextiles y que a su vez confeccionan los geotubos, pero también hay empresas que diseñan los geotubos mas no

producen la tela o geosintéticos. Por esta razón alguna de “Las marcas son TenCate de los Países Bajos, Huesker de Alemania y Maccaferri de Italia. Se contactó también a la empresa Propex de Estados Unidos, que fabrica geotextiles pero que no confecciona tubos” (Pedocchi y otros, 2011, Pg.20).

En el Perú el sistema geotubo, así como sus derivados están siendo usados en playas como rompeolas y protección ante fenómenos erosivos, ya que el oleaje genera gran acción erosiva en los márgenes de las playas de la costa. Los proyectos nacionales que incluyen el uso de geotubos como defensa ribereña han dado buenos resultados tal como es el caso del proyecto de urbanización la Jolla, provincia de Cañete en el distrito de Asia, Lima y el proyecto del local comercial Costa Bonita ubicado en Balneario de Colán zona sur, Piura ambos proyectos utilizaron sistemas de geocontenedores como geotubos y geobolsas para mitigar el proceso erosivo.

En la figura 1 vemos como los pobladores que se encuentra situados entre el límite de la Avenida Faucett (Carmen de la Legua) y la carretera Nestor Gambeta (Puente Rímac), son vulnerables ante estos procesos hídricos por la que pasa el río Rímac. Recordemos que a principios del año 2017 el fenómeno del “Niño Costero” provoco que muchos sectores de nuestro país quedaran en estado de emergencia esto puesto que el creciente caudal de los diferentes ríos aumentara lo que provoco daños económicos y materiales, así como damnificados.

En la ciudad de Lima los ríos con mayor atención de alerta fueron el río Chillón y el río Rímac, los cuales recorren su progresiva por medio de poblaciones urbanas en crecimiento generando así sectores vulnerables ante posibles inundaciones o desbordes. Un antecedente notable fue el caso del Malecón 28 de julio en el AA. HH Cantagallo en el presente año 2018, el cual tuvo una inundación que derrumbó parte del muro de contención que según los vecinos no había sido completado por parte de la municipalidad vigente.

Esta investigación tiene el fin de analizar un tramo del río Rímac mencionado, el cual se muestra en la figura 2, al determinar mediante métodos teóricos y de cálculo que el geotubo es un sistema de defensa ribereña adaptable ante el proceso de socavación hídrica por la que pasa el río. Además de realizar una verificación de estabilidad del mismo basándose en un factor de seguridad aceptable mediante el programa Slide v 6.0 y un modelamiento hidráulico e hidrológico del río con el programa Hec – Ras.



Figura 1. Proceso de socavación en la ribera del río Rímac.

(Fuente: Diario Comercio, 2017)



Figura 2. Estado actual del tramo de estudio.

(Fuente: Imagen Propia, 2018)

Trabajos previos

En la ejecución de la investigación para el título, se ha optado por buscar antecedentes nacionales e internacionales que estén directamente asociados al tema de investigación.

Antecedentes Internacionales

(Anton, 2016). Lugares adecuados para la utilización de nuevos materiales y formas con geotextiles en la gestión integral de la zona litoral como protección ambiental. Trabajo de investigación para obtener el grado de Doctor. Universidad Politécnica de Madrid. 2016. 546p.

Indica que su aplicación: se ejecutan con materiales de geotextil, llenos de arena. Considerando dicho material innovador, de bajo costo, no perjudicial para el medio ambiente y alternos con los otros habituales. Se clasifican 3 tipos: sacos, tubos y contenedores. Siendo su objetivo primordial la delimitación en zona costera adecuada para su uso en armaduras combinadas de componentes con geotextiles repletos de tierra, funcionando como trabajos de protección de costas, cuyo propósito tiene como finalidad posibilitar su uso en la ingeniería costera.

(Chico y Tapias, 2014). Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera caso de estudio: estructuras en la línea de costa de Cartagena de Indias. Trabajo de Grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad de Cartagena. 2014. 158p.

Tuvo como objetivos: examinó y situó las perspectivas buenas y malas en la utilización de estructuras blandas con material geosintético a través del diseño de múltiples opciones de soluciones realizadas a una zona en la costa de la ciudad de Cartagena de Indias, la cual cuenta con estructuras hidráulicas duras para estar protegidos frente a procesos de erosión y estimar gastos de estas opciones mediante la indagación y minucioso análisis de casuística de investigación a nivel internacional.

(Pedocchi y otros., 2011). Evaluación de la aplicación de contenedores geotextiles a los materiales de dragado de la Bahía de Montevideo. Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental Montevideo. Informe Final por tareas de asesoramiento realizadas por el IMFIA para la Administración Nacional de Puertos. 2011. 68p.

Dicho proyecto busca investigar las posibilidades que brinda la utilización de contenedores geotextiles para el manejo de los barros que se inician durante la limpieza de la bahía de Montevideo. Por consiguiente, se presentarán los ensayos elaborados con el fin de obtener la caracterización de los barros y su interacción con los materiales geotextiles. Dichos ensayos abarcan ensayos del material lleno, filtrado y reteniendo solidos del geotextil, en los se busca precisar o similar cómo será el llenado del tubo.

Antecedentes Nacionales

(Cáceres, 2013). Estudios para el diseño de geocontenedores de geotextil tejido como aplicación de rompeolas para la formación de playa. Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. 2013. 199p.

Sus objetivos principales fueron: observó que era indispensable la fabricación de sistemas para protección costera, las cuales tienen por fin amortiguar la fuerza del océano, y por consiguiente poder proteger y reservar las playas; para posteriormente obtener óptimos estudios de las fuerzas que modifiquen la estabilidad del mar. Tuvo como finalidad: Disminuir los gastos para la realización de los sistemas de protección costera, se sugiere la utilización de métodos modernos los cuales son ejecutados en ciudades de primer nivel, donde se tiene gran percepción por la utilización de productos que para muchos parecen simples, como los Geosintéticos, cabe mencionar que estos materiales pueden sustituir varias funciones en la ingeniería aminorando gastos.

(Garavito, 2016). Planeamiento de la construcción de la defensa ribereña del puente Tahuamanu utilizando geoestructuras - madre de Dios. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2016. 98p.

Destacó que sus objetivos consisten en preservar los estribos laterales del puente del régimen natural que debilitan la superestructura. Por otra parte, planteó la protección de los taludes lindantes a los estribos del puente usando geoestructuras, además de labores de encauzamiento de las aguas del río Tahuamanu. Este tipo de armaduras son una tecnología parcialmente nueva en nuestra nación, por lo que resultó adecuado realizar una especificación sobre sus usos y método constructivo.

(Guerra, 2013). Análisis técnico y económico en el centro de erosión de riberas empleando geotubos, proyecto la Jolla, Asia, Cañete, Lima. Tesis para obtener el grado y Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. 2013. 101p.

Planteó los siguientes objetivos: Mitigar la vulnerabilidad de las edificaciones que están ubicadas frente al litoral por el oleaje extraño, provocando pérdidas en los aspectos materiales, etc. Examinando varios procedimientos de construcciones de protección costera que se ejecutaron, así como el uso de geosintéticos ejemplo claro son los llamados geotubos que se empezaron a utilizar como procedimiento constructivo alternativo a los ya vistos como son rip-rap y muros de retención.

Teorías relacionadas al tema

Para un mejor manejo y entendimiento de los puntos a tratar, en esta investigación se determinan y sustentan conceptos y teorías, que se menciona a continuación:

Morfología de ríos

La Figura 3 muestra la forma que posee un río su tipología y poder analizar los trabajos necesarios de la investigación, además de interpretar los datos precisos durante el proceso de análisis como son la parte hidráulica e hidrológica respecto a los relieves de la zona. Cabe destacar que la sinuosidad del río está relacionado con las pendientes medias de cada tramo, secciones, velocidades de flujo, régimen, entre otros. Según Rocha (1998, p. 187), menciona que de acuerdo a su morfología se clasifican en tres grupos:

a) Ríos rectos

Por lo general en la naturaleza hay pocos ríos rectos. En muchas ocasiones ocurre que predomina un medio de encauzamiento recto, instaurado por diques equidistantes, pero dentro de él, esto para caudales que son menos que el de diseño, el afluente genera su curvatura propia.

b) Ríos entrelazados

Son generalmente amplios, con predominante inclinación, lo que ocasiona tirantes diminutos y el cauce continuo su recorrido con un aspecto de varios canales alrededor de diminutas islas.

c) Ríos meandricos

Son los que encuentran establecidos por una secuencia de curvas. La cualidad de dichas curvaturas, es que no son dinámicas, ya que no dependen principalmente de las cualidades del campo, sino a la naturaleza de la conducta del agua.

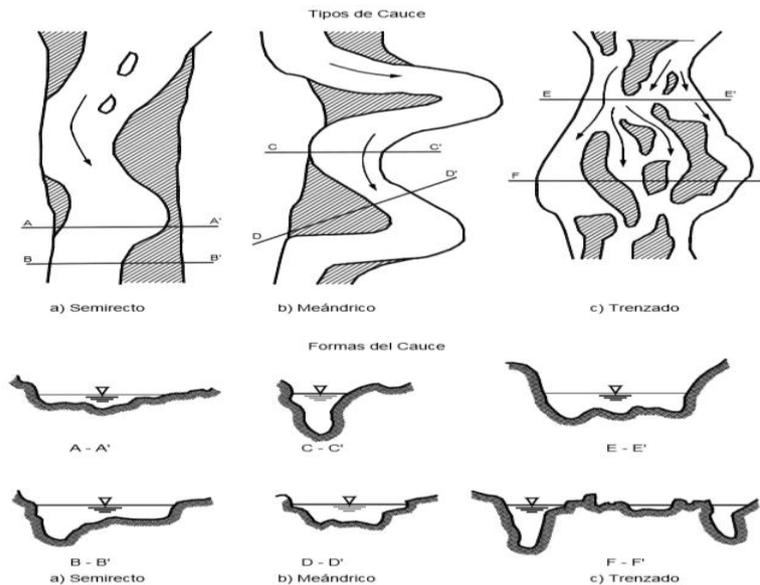


Figura 3. Clasificación de ríos. (Fuente: Suárez, 2001)

Parámetros geotécnicos

Estos parámetros comprenden el análisis y examinación del material de campo, lo cual ayuda con el proceso del proyecto. Este es uno de los estudios importantes y que nos permite ver las propiedades y características del suelo, por consiguiente, si sus propiedades son óptimas podremos utilizar dicho suelo para el trabajo que habremos designado.

Granulometría

Se nombra distribución granulométrica de una superficie a la segmentación de la misma en varias porciones escogidas por su dimensión en las fracciones que los comprenden; dichas fracciones de cada estrato están caracterizan debido a sus tamaños que se encuentran comprendidos por un importe máximo y mínimo [...]. (Rico, 2005, p. 24)

El proceso comprende la separación del material mediante tamices normalizados de forma estándar y también un cuarteo inicial de la muestra para separar en porciones más manejables, además de haber combinado bien el suelo representativo.

Corte directo

El proceso de este ensayo comprende el análisis de las muestras más representativas sometidas a esfuerzos de corte y fatiga, las cuales son representadas en campo por las cargas que puedan aparecer.

En la figura 4 se muestra que los efectos del ensayo son acoplables para calcular la resistencia cortante en una situación de campo donde se ha efectuado una completa consolidación por medio

de esfuerzos normales presentes. La fisura se da de forma lenta por medio de circunstancias drenadas, por los excesos de presión [...]. (Manual de Ensayo de Materiales, 2012, p. 167)

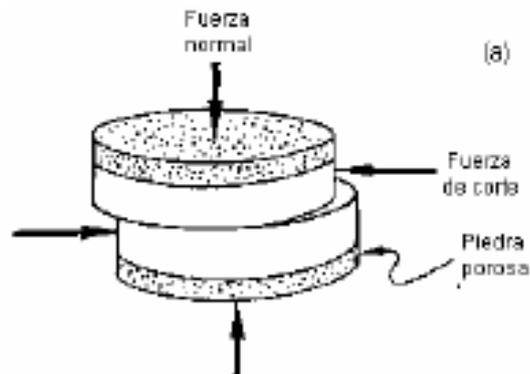


Figura 4. Esquema de corte directo. (Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, 2012)

Densidad natural

Este ensayo comprende el análisis y determinación de la densidad natural que posee un material granular en terraplenes, rellenos de carreteras, capas de rodaduras, riberas o estructuras de contención. Comúnmente es usado como forma de aceptación para materiales de suelo compactado en base a una densidad específica o densidad máxima.

Llamado también método del cono de arena, la instrumentaria utilizada en este ensayo es un cono calibrado que posee un material granular llamada arena “Ottawa”, el cual posee una densidad especial para lo cual se puede relacionar con el material del lugar.

Parámetros hidrológicos

En la naturaleza los procesos hidrológicos están presente en cualquier zona de forma específica como precipitaciones, escorrentías, temperaturas, caudales, variación en los flujos, entre otros. Estos datos son relevantes al realizar una obra o proyecto por donde el agua es un factor constante. De forma general la hidrología son todos aquellos estudios que están asociados al agua, los cuales comprenden partes meteorológicas (procesos del agua) como tormentas, precipitaciones, escorrentía, etc. Por ende, estos estudios ayudan a estimar los datos de la investigación.

Caudal de diseño

Comprende el volumen del agua cuyo destino abarca los trabajos hidráulicos, teniendo como objetivo relacionar las diferentes dimensiones de un río en crecida. Dicho estudio se determina a partir de varios estudios:

- ✓ Registro de datos de caudales históricos.
- ✓ Mediante fórmulas empíricas para determinar el caudal máximo.

Existen formas empíricas para determinar el caudal de diseño para la realización de una obra hidráulica o sistema de retención lateral en ríos. En este caso se opta por utilizar la fórmula de Gumbel el cual se adapta al utilizar datos históricos de hidrología de estaciones hidrométricas cercanas a la zona, además de uso de Tablas con datos estándar para la aplicación de la fórmula (Tabla 1 y 2).

La fórmula de Gumbel tiene ciertas condiciones para su uso este contempla el uso necesario de datos de caudales históricos sucedidos en el cauce. Villón (2002), en su libro de Hidrología menciona los procedimientos necesarios para el cálculo del diseño de caudal máximo, los cuales son:

a) Cálculo del promedio de caudales:

$$Q_m = \frac{\sum Qi}{N} \dots\dots\dots (1.1)$$

b) Cálculo de la desviación estándar de los caudales:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N-1}} \dots\dots\dots (1.2)$$

c) Cálculo de los coeficientes en función de N:

Tabla 1. Valores de Y_n y σ_N en función de N

| N | Y_n | σ_N |
|----|---------|------------|
| 40 | 0.54362 | 1.14132 |
| 41 | 0.5442 | 1.1436 |
| 42 | 0.5448 | 1.1458 |
| 43 | 0.5453 | 1.1480 |
| 44 | 0.5458 | 1.1499 |
| 45 | 0.5463 | 1.15185 |
| 46 | 0.5468 | 1.1538 |
| 47 | 0.5473 | 1.1557 |
| 48 | 0.5477 | 1.1574 |

Fuente: Reproducido de Villón, 2002

Tabla 2. Valores de $\sqrt{N\alpha\sigma_m}$

| ϕ | $\sqrt{N\alpha\sigma_m}$ |
|--------|--------------------------|
| 0.01 | 2.1607 |
| 0.02 | 1.7894 |
| 0.05 | 1.4550 |
| 0.10 | 1.3028 |
| 0.15 | 1.2548 |
| 0.20 | 1.2427 |
| 0.25 | 1.2494 |
| 0.30 | 1.2687 |
| 0.35 | 1.2981 |
| 0.40 | 1.3366 |
| 0.45 | 1.3845 |
| 0.50 | 1.4427 |
| 0.55 | 1.1513 |
| 0.60 | 1.5984 |
| 0.65 | 1.7034 |
| 0.70 | 1.8355 |
| 0.75 | 2.0069 |
| 0.80 | 2.2408 |
| 0.85 | 2.5849 |
| 0.90 | 3.1639 |
| 0.95 | 4.4721 |
| 0.98 | 7.0710 |
| 0.99 | 10.000 |

Fuente: Reproducido de Villón, 2002

d) Obtención de la ecuación del caudal máximo:

$$Q_{max} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (Y_N - \ln T) \dots\dots\dots (1.3)$$

e) Cálculo del factor ϕ :

$$\phi = 1 - \frac{1}{T} \dots\dots\dots (1.4)$$

f) Cálculo del intervalo de confianza:

- Si ϕ varía entre 0.20 y 0.80, se utiliza la ecuación:

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N\alpha\sigma_m} * \frac{\sigma_Q}{\sigma_N\sqrt{N}} \dots\dots\dots (1.5)$$

- Para $\phi > 0.90$, se utiliza la ecuación:

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sigma_Q}{\sigma_N} \dots\dots\dots (1.6)$$

g) Cálculo del caudal de diseño final:

$$Q_d = Q_{max} \pm \Delta Q \dots\dots\dots (1.7)$$

Periodo de retorno

Este ensayo comprende aquella porción de tiempo donde el caudal o avenida en el cauce es superado o igualado, teniendo en cuenta que dichos sucesos anuales son autónomos.

Elegir un periodo de retorno, el cual se utilizará para el diseño de una obra futura, tiene relación directa con la probabilidad de riesgo de falla, vida útil de la estructura y el periodo de retorno en sí. La falla admisible está asociada con factores técnicos, económicos, sociales, ambientales, entre otros. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012, p. 23)

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \dots\dots\dots (1.8)$$

Dónde:

n = Vida útil de la obra.

R = Riesgo de falla.

La forma de obtener el periodo de retorno puede ser de forma empírica (ecuación (1.8)) o por medio de cuadros de relación de datos respecto a la vida útil (n) y el riesgo de falla (R) (Tabla 3). A continuación, se presentan tablas referenciales para el cálculo del periodo “T”, por medio de la normativa del MTC.

Tabla 3. Valores de período de retorno “T” (Años)

| TIPO DE OBRA | RIESGO ADMISIBLE (**) (%) |
|---|------------------------------|
| Puentes (**) | 25 |
| Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes | 30 |
| Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas | 35 |
| Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal) | 40 |
| Subdrenes | 40 |
| Defensas Ribereñas | 25 |

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2002

“El revestimiento cumple la función de preservar la inclinación que ocasionan las cargas hidráulicas (entre otras) como las corrientes y olas. Por otra parte, cuando se quiere evaluar la estabilidad se necesita datos del caudal de diseño, propiedades, etc”. (Pilarczyk, 2000, p. 3).

Tabla 4. Riesgo admisible de obras de drenaje

| RIESGO ADMISIBLE | VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años) | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| 0,01 | 100 | 199 | 299 | 498 | 995 | 1990 | 2488 | 4975 | 9950 | 19900 |
| 0,02 | 50 | 99 | 149 | 248 | 495 | 990 | 1238 | 2475 | 4950 | 9900 |
| 0,05 | 20 | 39 | 59 | 98 | 195 | 390 | 488 | 975 | 1950 | 3900 |
| 0,10 | 10 | 19 | 29 | 48 | 95 | 190 | 238 | 475 | 950 | 1899 |
| 0,20 | 5 | 10 | 14 | 23 | 45 | 90 | 113 | 225 | 449 | 897 |
| 0,25 | 4 | 7 | 11 | 18 | 35 | 70 | 87 | 174 | 348 | 695 |
| 0,50 | 2 | 3 | 5 | 8 | 15 | 29 | 37 | 73 | 154 | 289 |
| 0,75 | 1,3 | 2 | 2,7 | 4,1 | 7,7 | 15 | 18 | 37 | 73 | 144 |

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2002

Además, el manual especifica la vida útil respecto a los tipos de trabajos hidráulicos a los cuales se proyecte:

- Defensas ribereñas y puentes: n = 40 años.
- Alcantarillas de quebradas superiores (importantes): n = 25 años.
- Alcantarillas de quebradas inferiores: n = 15 años.
- Drenaje de plataforma y Sub-drenes: n = 15 años.

Rugosidad de Manning

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2012), menciona: “En la obtención del factor de Manning, se necesita del conocimiento del especialista para realizar los cálculos, que pueden ampararse en investigaciones anteriores, cuadros y fichas técnicas utilizables, en función a los datos reunidos [...]”. (p. 94)

Además, Manning muestra una gran variedad de rugosidades respecto a ríos y riberas en tablas por medio de experimentos hechos en laboratorios. El cálculo de los coeficientes de Manning podrán ser hallados mediante tablas o fórmulas aplicativas como es el caso de la metodología de Cowan (1956), el cual se especifica en la ecuación 1.9 y la tabla 5:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \dots\dots\dots (1.9)$$

- n: Coeficiente de rugosidad de Manning
- n₀: Valor básico de rugosidad (micro rugosidad)
- n₁: Corrección por efecto de irregularidades
- n₂: Corrección por variaciones en forma y tamaño de las secciones
- n₃: Corrección por obstrucciones
- n₄: Corrección por vegetación y condiciones de flujo
- m₅: Factor de corrección por meandros

Tabla 5. Factores para la rugosidad n por el método de Cowan

| | | |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Superficie del Canal | Tierra | 0,020 |
| | Roca | 0,025 |
| | Grava fina | 0,024 |
| | Grava gruesa | 0,028 |
| Irregularidad | Suave | 0,000 |
| | Menor | 0,005 |
| | Moderada | 0,010 |
| | Severa | 0,020 |
| Variación de la Sección | Gradual | 0,000 |
| | Ocasional | 0,005 |
| | Frecuente | 0,010 – 0,015 |
| Efecto de la Obstrucción | Despreciable | 0,000 |
| | Menor | 0,010 – 0,015 |
| | Apreciable | 0,020 – 0,030 |
| | Severo | 0,040 – 0,060 |
| Vegetación | Bajo | 0,005 – 0,010 |
| | Medio | 0,010 – 0,025 |
| | Alto | 0,025 – 0,050 |
| | Muy alto | 0,050 – 0,1 |
| Intensidad de Meandros | Menor | 1,000 |
| | Apreciable | 1,150 |
| | Severo | 1,300 |

Fuente: Rocha, 2007

Parámetros hidráulicos

Investiga la conducta hidráulica de los flujos que concierne a las avenidas, elevaciones medias y extremas, el régimen de flujo, las modificaciones en el cauce debido al fenómeno de sedimentación y socavación, el transporte abrupto de los sedimentos y las agresiones contra las partes laterales del río. (Evangelista, 2017, p. 14)

Tirante máximo

Es la altura de agua medida desde el nivel del cauce, está en función a los caudales ya sea de estiaje, caudal mínimo y caudal máximo. Este parámetro hidráulico ayuda a entender a mayor escala la cantidad de volumen de agua que recorre cierto tramo, además de ser dato importante en los cálculos de diseño de obras de protecciones laterales en ríos.

Velocidad de flujo

Es de conocimiento que la relación practica velocidad - socavación son directamente proporcionales, porque mientras más velocidad hay más socavación. El régimen de flujo se

vincula con la velocidad que pueda tener un río, ayudando a comprender las situaciones actuales del río en sus periodos de análisis.

Régimen de flujo

El régimen de un río dependerá en qué tipo de acción se encuentre ya sea de forma subcrítica, crítica o supercrítica. Froude establece la relación de esta tipología mediante rangos menores, iguales o mayores a uno.

Basado en el número de Froude se obtienen tres tipos de régimen, los cuales son: flujo subcrítico (F menor a 1), flujo crítico (F es igual a 1) y flujo supercrítico (F mayor a 1). El primero es común en lugares planos con régimen mínimo, el segundo es un régimen teórico en flujos naturales y el último se encuentra en ríos de montes. (Enríquez, 2013, p. 27)

Socavación

Es el fenómeno hídrico muy común en ríos y pilares de puentes por medio de la acción dinámica de los flujos o corrientes por las que pasa.

En la Figura 5, se muestra el proceso de socavación, el cual se define como un fenómeno hidrodinámico causante frecuente de las fallas que afectan los cimientos de los puentes. Dicho fenómeno es una mezcla de varios procesos, unos que se producen a largo plazo y otros transitorios por el paso de avenidas. (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, 2012, p .99)

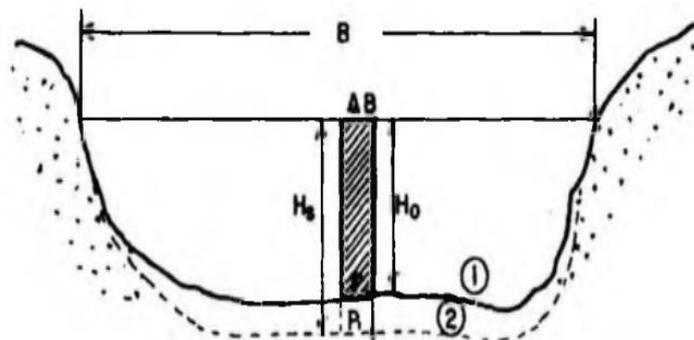


Figura 5. Proceso de socavación. (Fuente: Juarez y Rico, 1974)

El tipo de socavación es importante en los análisis generales de socavación, por ende, la clasificación de dicho fenómeno es indispensable para indicar sus características y componentes que la comprenden. Entre estos tipos destacan dos, los cuales son: socavación a largo plazo o general y socavación local. Toapaxi y otros (2015, pp. 1-2), dividen la tipología de dos formas:

a) Socavación a largo plazo

“La socavación a largo plazo, en algunos casos llamado socavación general, trata de una alteración generalizada del cauce por la variación y transporte de sedimentos debido al incremento excesivo de los caudales (crecidas)”.

b) Socavación local

“Esta socavación se origina en cuanto a la presencia de estrechamientos, curvas o estructuras en la corriente de un río, lo que genera un aumento en la magnitud del flujo capaz de trasladar los materiales del lecho”.

Para el cálculo de socavación en ríos o cauces se opta por utilizar la metodología de Lischtvan – Levediev, el cual se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e). “La velocidad erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo”. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012, p. 105)

Según Pareja (2010, pp. 61-62), este método está orientado a utilizar datos que se pueden tomar en el campo con relativa facilidad y otros obtenidos de formulaciones matemáticas, que son parámetros representativos en la estimación de la profundidad de socavación:

- **Datos topográficos:** Se requiere un levantamiento topográfico del cauce principal del río y de las llanuras de inundación, aguas arriba y aguas abajo del puente.
- **Datos hidrológicos:** Se requiere disponer del caudal de diseño para periodos de retorno de 100 y 500 años obtenidos de un análisis hidrológico.
- **Datos hidráulicos:** El estudio hidráulico está orientado a estimar el nivel de aguas máximas extraordinarias y sus características hidráulicas, para periodos de retorno de 100 y 500 años.
- **Datos geotécnicos:** Se hace una exploración geotécnica del subsuelo, con el fin de conocer la estratigrafía y características geotécnicas del cauce, mediante calicatas, sondeos o perforaciones según se requiera. La característica más relevante está asociado a la obtención de la densidad o peso volumétrico seco del suelo cohesivo (γ_5), cuando se trata de un suelo cohesivo.

De esta forma se manifiesta la ecuación de socavación para suelos granulares:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{1/(1+z)} \dots\dots\dots (1.10)$$

$H_s - h$: Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua (m)

D_m : Diámetro característico del lecho (mm)

β : Coeficiente de frecuencia.

μ : Factor de corrección por contracción del cauce.

φ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

Para hallar el factor de frecuencia (β), se usa la siguiente expresión:

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \text{ Log (Tr)} \dots\dots\dots (1.11)$$

Para hallar el exponente variable (x) respecto al D_m , se usa:

$$X \approx Z = 0.394557 - 0.4136 \text{ Log (} D_m) - 0.00891 \text{ Log}^2 (D_m) \dots\dots (1.12)$$

Para el factor de sección:

$$\alpha = \frac{Qd}{Be * R^{5/3}} \dots\dots\dots (1.13)$$

Para la velocidad real media:

$$V_r = \frac{\alpha * h^{5/3}}{H_s} \dots\dots\dots (1.14)$$

Para la velocidad erosiva en suelos granulares:

$$V_e = 0.68 * \beta * D_m^{0.28} * H_s^z \dots\dots\dots (1.15)$$

Geotubos

También se sabe que son estructuras hechas con geotextiles de alta resistencia, especialmente desarrolladas con propiedades únicas de filtración y retención: almacenan, conforman, drenan y consolidan materiales en su seno mediante el uso de dragas, barcos areneros o tolvas especialmente diseñadas, la mezcla de llenado es conocida como "Slurry", y corresponde a un 80% de agua y un 20% de material arenoso fino.

"Los geotubos están hechos para funcionar como protecciones eventuales controla la erosión y tormentas. Su efectividad en cuanto a la protección no había sido probada sino a finales del 2001". (Gibeaut, y otros, 2003, p.5)

Sin embargo, Antón y otros (2015, p. 215), indican que: “se establecen tipos principales de geotextiles los cuales son: recipientes, bolsas y tubos de geotextil los que se distinguen debido a su volumen y geometría”.

Por otra parte, los geosintéticos son materiales derivados de polímeros altamente resistentes, los cuales hoy en día se utilizan como geoestructuras para evitar socavaciones, como sistemas de estabilidad en carreteras, protección en laderas o riberas en ríos, entre otros (Figura 6). Por lo que Chancasanampa (2013), indica que:

“La utilización de estos materiales ha hecho que la rama de la ingeniería amplíe el intervalo para perfeccionar su plan de acción usando los materiales granulares en óptimas condiciones y preservando los elementos naturales”. (p. 204)

De esta forma la tela debe ser diseñada para retener partículas de suelo de este tamaño. La clasificación general de los sistemas de geoestructuras son:

- ✓ Geotubos
- ✓ Geocontenedores
- ✓ Geobolsas

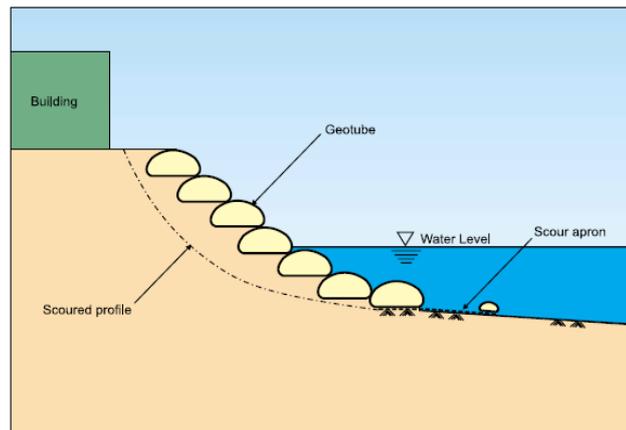


Figura 6. Sección transversal del dique de Geotubos. (Fuente: Ten Cate Nicolon, 2005)

Pedocchi y otros (2011, p. 3), manifiesta que: “Los llamados geotubos utilizados son por lo general telas permeables cocidas cuya apariencia es similar a la arpillera de polipropileno, de unos pocos milímetros de espesor. Se priorizan los geotextiles cocidos, pues brindan mejor resistencia mecánica que los geotextiles no cocidos”.

Un geotubo es un tubo largo de geotextil, el cual es llenado hidráulicamente con suelo, para ser utilizado como estructura marina e hidráulica. Cada geotubo es fabricado a medida y

suministrado en varios tamaños y longitudes para adaptarse a los requisitos de diseño e instalación. Son ideales para instalaciones en tierra firme o en profundidades hasta 15ft (5m).

Las bocas de llenado son mangas que por lo general tienen 1.50 m de longitud y unos 12" de diámetro. Las Figuras 7 y 8 muestran que vienen cosidas de fábrica a la parte superior de los geocontenedores, estas mangas son conectadas a la tubería de descarga del slurry (arena + agua) o relleno.

Son por lo general utilizados en playas, arrecife separados cerca a la costa. Estos se pueden usar con el mismo material de playa (arena), ayudando a una rápida estabilización. (Tayade, y otros, 2015, p. 195)

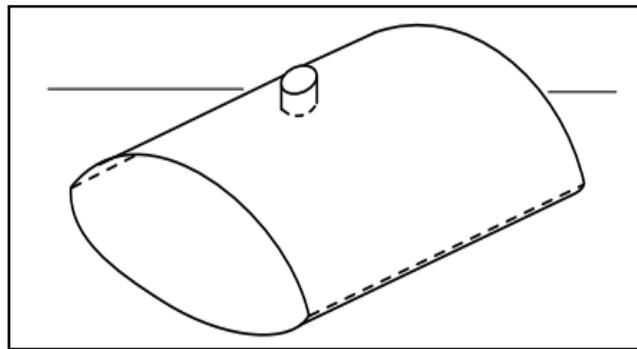


Figura 7. Costura en torno al puerto de llenado y Cosidas longitudinales en los lados del geotubo. (Fuente: Pedocchi y otros, 2011)

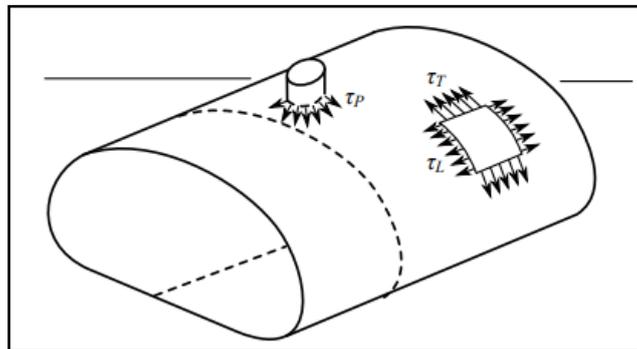


Figura 8. Cosido transversal a lo largo de la circunferencia del geotubo y el cosido en torno al puerto de llenado. (Fuente: Pedocchi y otros, 2011)

Propiedades de geotubo

Respecto del material con el que están hechos los geotubos Kumar (2016, p. 51), manifiesta que “los geosintéticos poseen propiedades importantes como lo son unidad de masa (peso), gravedad específica, la rigidez y el grosor. Considerándolas como las propiedades más

resaltantes y que hay que tener en cuenta en su uso”. Pero de forma general las propiedades más específicas para el diseño del geotubo son divididos en 4 propiedades variadas.

a) Propiedad física

Se refieren a la fabricación o recepción de geotextiles, así como a su control de calidad, también son llamadas como ensayos índices. Entre los cuales tenemos:

- Gravedad específica
- Espesor
- Rigidez

b) Propiedad mecánica

Estas propiedades se refieren a esfuerzos de tensión movilizados a partir de cargas aplicadas y/o condiciones de instalación. Para lo cual tenemos:

- Resistencia a la costura
- Resistencia a la tensión
- Resistencia al punzonamiento
- Resistencia al rasgado

c) Propiedad hidráulica

Estos tipos de ensayos han requerido conceptos nuevos y métodos, dispositivos, interpretación, base de datos, originales; ya que no son aplicados en la industria textil, la cual sirve de base para los geotextiles. A continuación, se describen los ensayos en geotextiles solos y con suelo.

- Retención del suelo
- Tamaño de abertura aparente (TAA)
- Permitividad

La arena de densidad media es ligeramente limosa y de grano fino a grueso, y contiene un tamaño de grava. Escombros y fragmentos de calcarenita o arenisca carbonatada. El contratista pudo ubicar su equipo y Bombear los materiales que consisten principalmente en arena. La información del registro aburrido indica que estos materiales son básicamente No cohesivos y colocarse muy rápidamente. (Fowler, y otros, 2006, p. 8)

d) Propiedad de durabilidad

Son los cambios que presenta el Geotextil a través del tiempo y por la exposición a agentes externos, reduciendo así sus propiedades.

- Degradación por la luz Solar (Rayos Ultravioleta)
- Degradación por temperatura

Dimensiones del geotubo

Las dimensiones de los geotubos son importantes tenerlas en cuenta para el momento del diseño a realizar. La figura 9 muestra formulas empíricas, por lo que Pedocchi y otros (2011, p. 5):

Los parámetros de ancho, altura, área de la sección transversal, ancho con el que se asienta el cauce y las sobrecargas repartidas en la base de contacto referido a un geocontenedor (W, H, A, b, σ respectivamente), son calculadas en función al diámetro del geotubo, haciendo referencia a la siguiente expresión: $A \approx 0.6D^2$, $H \approx 0.55D$, $\sigma \approx 0.7\gamma D$, $W \approx 1.5D$, $b \approx D$, siendo γ la densidad del material interno.

Esta formulación de análisis de los tubos de geotextil, el cual será llenado con material fluido, está basada en el equilibrio de la membrana de encapsulamiento flexible. Es por ello que los resultados de esta formulación, servirán para proporcionar la tensión circunferencial y la geometría del geotextil.

Los parámetros geométricos calculados a partir de la altura requerida son:

- Presión de llenado
- Área de llenado inicial
- Ancho de llenado inicial (B)
- Ancho en la base (W)
- Relación altura/ancho en la base

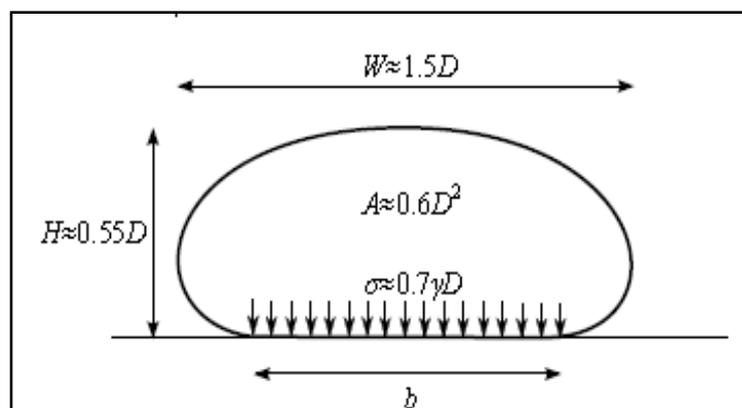


Figura 9. Dimensiones típicas de un geotubo en función al diámetro D del tubo y la carga sobre el lecho, con γ la densidad del material de relleno. (Pedocchi y otros, 2011)

La Figura 9, muestra una forma analítica de hallar los datos geométricos del geotubo, aunque “se conoce que los geotubos son sacos enormes de medidas variables (ancho de 2 m y altura de 1.5 m) con forma acolchonada llenos de arena (slurry) de longitud de 20 m, usado para protección y estabilización de taludes”. (Sulaiman, y otros, 2015, p. 514)

La geometría perimetral de la geoestructura, está definida mediante una fórmula poco conocida $f(x)$. En un lugar de referencia variable, la magnitud de curva que está establecida como r , dando la siguiente expresión:

$$r(x) = \frac{T}{P(x)} \dots\dots\dots (1.16)$$

Dicha ecuación, se resolverá de manera numérica, su solución produce relaciones en función a la altura (h) del tubo, densidad del material interno (slurry), las dimensiones del tubo ($y(x)$), la influencia del bombeo y tracción de la circunferencia (t). (Geosistemas Pavco, 2012, p. 433). Esta función, se puede expresar como una ecuación diferencial en funciones de derivadas de la abscisa “ y ”. A partir de los respectivos desgloses analíticos, es posible expresar el esfuerzo generado en el caparazón de la geoestructura como:

$$T \cdot y'' - [p_0 + \gamma \cdot x] \cdot [1 + (y')^2]^{3/2} = 0 \dots\dots\dots (1.17)$$

La ecuación, se resolverá en forma numérica, la solución produce los vínculos para la geometría del tubo $y(x)$, la tensión circunferencial T , la presión de bombeo, el peso unitario del slurry y la altura del tubo h . En el caso se tengan condiciones semi sumergidas o sumergidas para el llenado de la geoestructura, las condiciones de esfuerzos en el geotextil serán menos críticas, ya que la presión hidrostática aminora los esfuerzos circunferenciales y cambia las condiciones geométricas del oval.

La resistencia es una de las principales características de los geotextiles en general como se muestra en la Figura 10, por lo que Cáceres (2013), menciona que “Es una de las propiedades más importantes del geotextil, ya que todas las aplicaciones del geotextil se basan en esta propiedad; ya sea en función primaria (como refuerzo), como en función secundaria (como separación, filtración, desagüe, o contención)”. (p. 89)

Por otra parte, Koerner (2005, p. 448), menciona que:

Los objetos que caen, incluidos los suelos cubiertos, pueden penetrar en las geomembranas, ya sea causando fugas o actuando como puntos de inicio para la propagación de goteras. Por lo tanto, una evaluación de la resistencia al impacto de la geomembrana es relevante. Hay una serie de opciones de ASTM disponibles; Entre ellos se encuentran ASTM D1709 o ISO 13433.

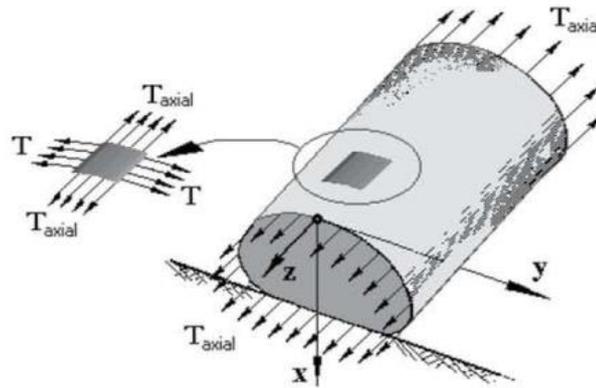


Figura 10. Esfuerzo circunferencial y axial en el geotextil.

(Fuente: Geosistemas Pavco, 2012)

Ecuación de equilibrio

El diseño es un elemento primordial en cualquier proyecto por lo que Geosistemas Pavco (2012, p. 368), indica que:

“La ecuación de equilibrio límite exige trazar y obtener superficies circulares de falla crítica, esto se puede calcular mediante programas de estabilidad de taludes definidos. Se utilizará esta ecuación de equilibrio para un factor de seguridad menor a 1.5”.

$$FS = \frac{1: \text{Momentos Resistentes}}{1: \text{Momentos Desestabilizantes}} \dots\dots\dots (1.18)$$

$$FS = (h'' L, R) I (W'' x + q'' d) \dots\dots\dots (1.19)$$

Donde:

T= resistencia al corte del suelo

Lu= longitud de superficie de falla

R= radio

W= peso del segmento de tierra

Analizar la estabilidad de la geoestructura tiene el fin de verificar el factor de seguridad más crítico de las superficies circulares de falla mediante la teoría de equilibrio límite, teniendo en

cuenta los momentos actuantes y los momentos resistentes del sistema. (Geosistemas Pavco, 2012, p. 367)

Cáceres (2013), En cuanto a valores disponibles de la investigación mencionada para la estabilidad de Tubos de Geotextil, bajo carga de onda; se ha determinado que los tubos empiezan a moverse desde el llenado; y es aplicable para las geoestructuras que se encuentran más expuestas o de los alrededores del dique. (p. 94)

✓ **Estabilidad contra ataque de oleaje para Geotubos**

Utilizando la relación siguiente:

$$\frac{H_s}{\Delta_t * D_k} \leq 1,0 \dots\dots\dots (1.20)$$

Donde:

H_s : *Altura de ola significativa*

Δ_t : *Densidad relativa del Geotubo*

D_k : *Espesor efectivo del Geotubo*

✓ **Estabilidad con corriente sobre la estructura de Geotubos**

Cáceres (2013, p. 95), “Hay poca información disponible sobre la estabilidad de Geocontenedores bajo la influencia de corrientes. Por ello se sugiere la siguiente relación de estabilidad”

$$\frac{U_{cr}}{\sqrt{g * \Delta_t * D_k}} \leq 1,2 \dots\dots\dots (1.21)$$

Donde:

U_{cr} : *Velocidad critica del flujo de agua*

Δ_t : *Densidad relativa del Geotubo*

D_k : *Espesor efectivo del Geotubo*

g : *Aceleracion de la gravedad*

✓ **Consolidación de la altura del geotubo**

De acuerdo a la experiencia se demuestra que la altura del geotubo disminuye, y a su vez el ancho "B" del mismo aumenta ligeramente. Esta reducción en la altura del Geocontenedor puede ser significativa sobre todo cuando se bombea suelo fino. El procedimiento siguiente permite aproximar una estimación de la disminución en la altura del Geocontenedor.

Suponiendo que el relleno se encuentre en su totalidad saturado ($S = 100\%$) y usando las relaciones básicas de Volumen - Peso, se puede demostrar que:

$$W_o = \frac{G_s - \gamma_o}{\gamma_w} \dots\dots\dots (1.22)$$

$$G_s \left(\frac{\gamma_o}{\gamma_w} - 1 \right)$$

O tambien:

$$W_f = \frac{G_s - \gamma_f}{\gamma_w} \dots\dots\dots (1.23)$$

$$G_s \left(\frac{\gamma_f}{\gamma_w} - 1 \right)$$

Donde:

- W_o : Contenido de agua del material de relleno al inicio de la consolidación.
- W_f : Contenido de agua del material de relleno al final de la consolidación.
- G_s : Gravedad especifica relativa de los sólidos. (Constante para el suelo mismo, independientemente del cambio en el contenido de agua)
- γ_o : Peso Unitario del relleno, al inicio de la consolidación .
- γ_f : Peso Unitario del relleno, al final de la consolidación .
- γ_w : Peso Unitario de agua.

Asumiendo que el material a consolidarse solo se desplaza verticalmente en una sola dimensión (es decir, asentamiento vertical y movimiento lateral despreciable) y haciendo uso de la relación:

$$\frac{\Delta h}{h_o} = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \dots\dots\dots (1.24)$$

Se obtiene:

$$\frac{\Delta h}{h_o} = \frac{G_s \cdot (\omega_o - \omega_f)}{G_s} \dots\dots\dots (1.25)$$

Donde:

- Δh : Disminución de la altura del geotenedor.
- h_o : Altura inicial del tubo.

Realizando la unión de las ecuaciones anteriores, se realiza la estimación de la disminución de la altura del geotubo por densificación.

Los geotubos se encuentran reposando en una base de tierra la cual ha sido revestida con una membrana de polímero y capa de grava de 100 mm. Se debe saber que los muros del fajo se construyen en un suelo excavado el cual se ha combinado con arcilla para trabajar como sellador natural. (Heffernan, 2014, p. 67)

La experiencia indica (Leshchinsky, 1992) que cuando material de grano fino es bombeado, la geoestructura descenderá hasta en un 50% la altura dentro de un mes, al cabo del cual una persona podrá caminar sobre esta, siendo necesarios futuros bombeos para obtener la altura esperada. La Figura 11 muestra un ábaco de asentamiento en función a la densidad del material en el caso que se fuera a bombear una mezcla de arena y agua (suelo con menos de 50% pasa tamiz 200), resultaría en una geoestructura final de longitudes aceptables con una única sesión de bombeo.

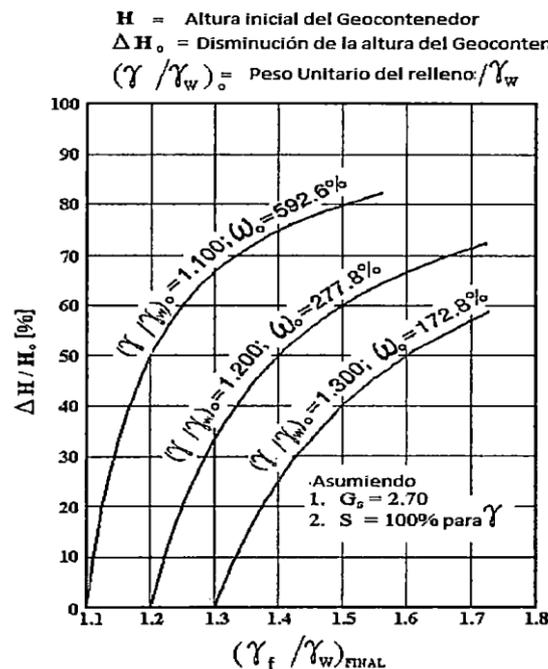


Figura 11. Asentamiento en función de las densidades de material.

(Fuente: Geosistemas Pavco, 2012)

“El que inició con la fabricación tecnológica de tubos llenos de arena para diques, presas, etc., fue Ten Cate. En los últimos tiempos dicha tecnología diseñada con lodo dentro de los tubos se ha creado para la deshidratación y contención”. (Wortelboer, 2014, p. 181)

Protección contra la socavación

Se trata de un manto que se expande hasta la longitud establecida (L_e = Longitud efectiva) para proteger de la socavación el sistema y en toda la longitud de la Geoestructura.

La instalación de los tubos de geotextil deberá estar sellada mediante defensas que impidan el ingreso de materiales contaminantes (impermeables) sobre todo cuando se aplica el proceso de deshidratación en campo. Si hubiera una descarga por casualidad de material, esta pueda ser retenida y se pueda limpiar de una manera fácil [...]. (Pedocchi, y otros, 2011, p. 6)

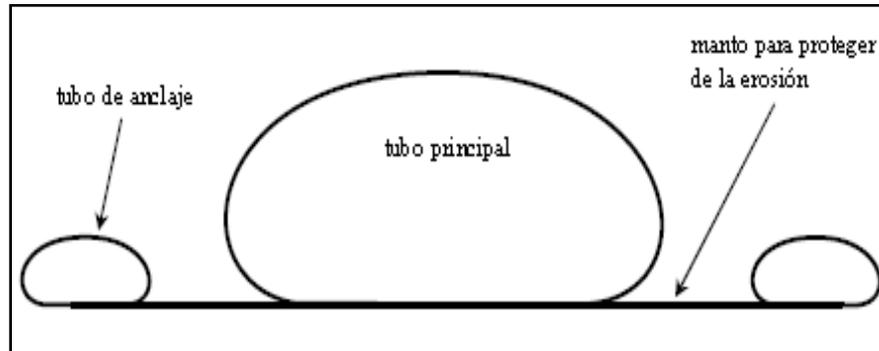


Figura 12. Sistema geotubo con tubos de anclaje y manto geotextil que reduce el proceso de socavación en el terreno. (Fuente: Pedocchi, y otros, 2011)

Como se muestra en la Figura 12, el sistema tiene un anclaje y manto de socavación en su proceso constructivo. “Lo concerniente a aplicaciones de geotubos tuvo bastante notoriedad en la literatura, por lo que en 1980 escritores como Koerner, Gales y después Pilarczyk, muestran una visión generalizada de como las aplicaciones que utilizan los geotubos combaten la erosión”. (Aankareh, Ketabdari y Shabankareh, 2017, p. 10).

Llenado de geotubos con draga

El proceso inicia mediante la extracción del slurry (compuesto de material árido y agua), directo desde la profundidad de los mares o ríos. “La estructura estará siendo llenada desde una barcaza por medio de una conexión (tubo), se vaciará todo de forma directa al geocontenedor”. (Garavito, 2016, p. 10)

El llenado de los Geocontenedores, puede realizarse hidráulica o mecánicamente como se observa en la Figura 13, se puede usar gran variedad de materiales susceptibles a ser dragados; ya que las propiedades desfavorables que puedan tener los materiales de grano fino; como su alto contenido de humedad, bajo ángulo de fricción, baja resistencia a la tracción, dificultad para el control de la migración de finos, no los limitan para usarse como relleno.

Este sistema de Geocontenedores promueve la deshidratación de suelos, los cuales pueden ser blandos; confinándolos para conformar una estructura sólida, que a su vez es flexible,

que puede acomodarse a las condiciones externas y del terreno, siendo un sistema estable en el tiempo y resistente a impactos.

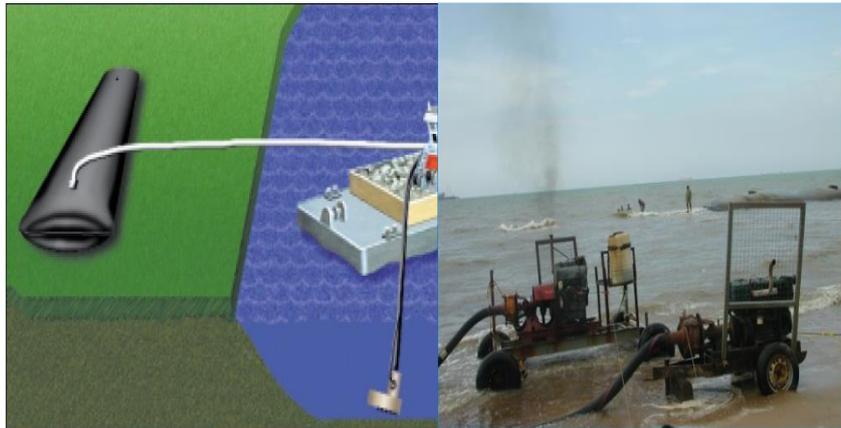


Figura 13. Aplicación y dragado de la geoestructura. (Fuente: Garavito, 2016)

Los geotubos están provistos de unas bocas o boquillas a manera de chimeneas que se utilizan para el llenado y el alivio de presión, cuya ubicación se define en el diseño en función del tipo de material de llenado. Este llenado es de forma hidráulica por medio de materiales térreos finos y su densidad está asociada a su peso unitario. La Figura 14 muestra este proceso de llenado por las boquillas.

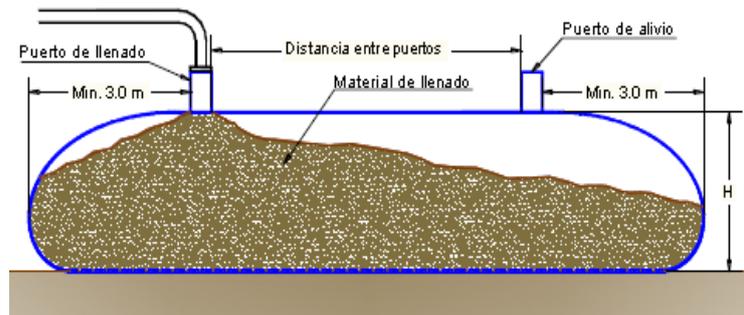


Figura 14. Vista longitudinal típica de un tubo geotextil. (Fuente: Geomatrix, 2014)

Software Hec - Ras

HEC-RAS, comprendido como el programa que calcula hasta donde llega el flujo del agua de un río o canal, para ello habría que introducir factores como caudales de diseño, pendiente, rugosidad, por otra parte, tener las secciones del río o canal para la respectiva verificación. Nos permite simular flujos en canales artificiales o cauces naturales para establecer el nivel del agua por lo que su finalidad primordial es efectuar estudios de inundabilidad e identificar las zonas vulnerables.

Software Slide

Software creado para el análisis de estabilidad de taludes en dos dimensiones que usa procesos de equilibrio límite para luego calcular la estabilidad. El entorno en el cual tiene mayor demanda o aplicación es muy variado para obras civiles y minería, teniendo buenos resultados resolviendo muchas interrogantes geotécnicas, como lo es la estabilidad en sus diferentes usos.

Formulación del problema

“Formular un problema se pone en marcha mediante una incógnita que relacione más de una variable; se tiene que resaltar el objeto a estudiar, el lugar y el año de la investigación”. (Valderrama, 2013, p. 131)

Problema general

- ✓ ¿De qué manera la socavación hídrica influye en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?

Problemas específicos

- ✓ ¿Cómo influyen los parámetros hidrológicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?
- ✓ ¿De qué forma inciden los parámetros hidráulicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?
- ✓ ¿De qué manera interviene la geometría del geotubo en la reducción de la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?

Justificación del estudio

Justificar un estudio está referido a que es lo que se necesita realizar en una averiguación. Manifiesta conocimientos propios como globales del tesista, las aportaciones a estudiar establecerán orden a las problemáticas referidas al ámbito social, de clase organizacional, cultural, entre otros. (Palella y Martins, 2012, p. 60)

La investigación se realiza porque frecuentemente se sufre inundaciones y desbordes, caso referencial fue el desborde del Río Rímac en el 2018 que perjudicó a muchos pobladores, dejándolos en el total desamparo. Por otra parte, se realiza porque el sistema que planteo es más económico que los sistemas habituales como son: gaviones y enrocado. El material que se lo compone es un geotextil resistente el cual dará mucho que hablar.

a) Justificación teórica

Para realizar el análisis se opta por tener conocimientos básicos e introductorios de la teoría relacionada al tema de investigación. Es por esta razón que el estudio aporta teorías acerca de la estabilidad de taludes y también mediante la combinación de suelo - estructura, además de concepto referidos a las defensas ribereñas como formulas, diseño, procesos constructivos, entre otros. Además, se toma de referencia los análisis teóricos respecto a parámetros hidráulicos, hidrológicos y geotécnicos iniciales pudiendo así generar mayor teoría respecto a estos análisis para futuros investigadores o estudiantes.

b) Justificación práctica

Se realiza este trabajado de investigación con la finalidad de proponer una obra de protección frente a un posible desborde en dicho sector y así poder dar seguridad y resguardo a las personas cercanos al sector, todo esto basado en las teorías, análisis y metodologías anteriormente explicadas de estabilidad, diseño, hidráulica, hidrología y geotecnia.

c) Justificación metodológica

Para encontrar resultados veraces y óptimos es necesario la creación de fichas de recolección de datos e instrumentos de medición respecto a las dimensiones e indicadores del estudio; además de verificar su validez y obtener una confiabilidad aceptable de las mismas. También es necesario realizar el análisis metodológico del estudio respecto a las variables en general generando así un aporte de investigación claro, veraz y conciso para los futuros investigadores que realicen estudios respecto al tema presentado.

Hipótesis

Se entiende como la posible respuesta a un problema planteado. De esta manera Behar (2008), indica que:

A veces los resultados obtenidos no coinciden con los resultados queridos, de esta forma la hipótesis no restringe la investigación del tesista. Por ende, se debe mostrar la realidad tal como es, los resultados reales ya que se debe manejar veracidad de los mismos; aunque una hipótesis formulada tenga diferencias respecto a los resultados. (p. 32)

Hipótesis general

- ✓ La socavación hídrica influye en la reducción de la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.

Hipótesis específicas

- ✓ Los parámetros hidrológicos influyen en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.
- ✓ Los parámetros hidráulicos inciden en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.
- ✓ La geometría del geotubo interviene en la reducción de la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.

Objetivos

Es entendido como el propósito de la investigación, de este modo Arias (2012), manifiesta que el “Objetivo es similar a decir que meta quiero alcanzar, es un anhelo por parte del investigador, pero en este caso referido a la obtención de conocimientos nuevos, los cuales están relacionados a la toma de decisiones”. (p. 43)

Objetivo general

- ✓ Determinar de qué manera la socavación hídrica influye en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.

Objetivos específicos

- ✓ Evaluar cómo influyen los parámetros hidrológicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.
- ✓ Determinar en qué forma inciden los parámetros hidráulicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.
- ✓ Indicar de qué manera la geometría del geotubo reduce la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.

II. MÉTODO

2.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque del estudio

Diseño de investigación

“Es una táctica común que toma el tesista para dar respuesta a la problemática preestablecida [...]”. (Arias, 2012, p. 27)

Este estudio de investigación utiliza el diseño no experimental ya que no habrá modificación en los resultados de las variables, es decir que los resultados numéricos, así como las propiedades del sistema no tendrán manipulación por parte del investigador. Por su parte Hernández, Fernández y Baptista (2014), explica que:

En cuanto concierne al estudio no experimental no se ocasiona ninguna circunstancia, por el contrario, las situaciones ya existentes, sin provocarlas en la averiguación de quien la hace. Este diseño incita a no manipular los resultados posibles de las variables independientes de cada una; ya que pasaron sus efectos y además no hay manejo o control de forma directa hacia dichas variables. (p. 152)

Además, el diseño no experimental tiene una subdivisión transversal y longitudinal. Por lo que este estudio usa la subdivisión transversal al recolectar datos en un tiempo o momento único.

Tipo de investigación

Según Borja (2016), indica “que en la ciencia preexisten múltiples ejemplos de averiguaciones para lo que habría que conocer sus peculiaridades y tener claro cual se acomoda más a dicha averiguación que se llevará a cabo”. (p. 10)

Este estudio usa un tipo de investigación aplicado, porque tiene como fin utilizar teorías, fórmulas, entre otros; ya existentes para resolver las problemáticas planteadas. Para Valderrama (2013), a este tipo de investigación:

La investigación aplicada está íntimamente relacionada con la investigación básica, puesto que necesita de sus averiguaciones teóricas y analíticas para poder responder y dar solución a problemáticas planteadas con el fin de dar un bienestar al ámbito social. (p. 164)

Nivel de investigación

La investigación es de nivel explicativo, porque su finalidad es encontrar relaciones de causa-efecto con el objetivo de conocerlos profundamente. “Este nivel de investigación tiene

por fin indagar el porqué de las circunstancias o hechos mediante una correlación de causa-efecto”. (Arias, 2012, p. 26)

Enfoque del estudio

El estudio posee un enfoque cuantitativo, ya que recolectaremos datos para poder aprobar las hipótesis y teorías propuestas basándose en mediciones numéricas.

El enfoque en este caso cuantitativo muestra un conjunto secuencial de procesos, cada secuencia o proceso se entrelaza entre sí por lo que en algunos casos no se saltean uno de otro. Este proceso es riguroso, aunque se puede hacer una redefinición de una fase. Todo esto parte inicialmente de una idea la cual se delimita y resultan cuestiones y objetivos del tesista; para ello se revisa información literal y conceptos teóricos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4)

2.2. Variables y operacionalización

Variables

Para la investigación se maneja dos variables una que es dependiente y la otra independiente, pero también hay que saber la significancia que tiene una variable. Por esta razón de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010) “En este punto es necesario tener claro el concepto de qué es una variable. Una variante se entiende como la característica que puede modificarse y cuya oscilación es idónea a calcularse o contemplarse”. (p. 93)

- ✓ Variable independiente: Socavación hídrica
- ✓ Variable dependiente: Aplicación del geotubo

Operacionalización

Esta palabra específica “operacionalización” es usada en averiguaciones de interés científico para designar la causa por la cual habrá variación de definiciones neutras a determinadas, visibles y mesurables, es decir, indicadores y dimensiones de la investigación. (Arias, 2012, p. 62)

La operacionalización de las variantes se puede observar en la Tabla 6, además de realizar la matriz de consistencia (Ver Anexo 1).

Tabla 6. Operacionalización de variables

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|-----------------------------|---|---|-------------------------|-----------------------------------|---|
| VI. Socavación hídrica. | “La socavación es un tipo de erosión hídrica que hace referencia a la pérdida del material del lecho y márgenes de un cauce, debido a la capacidad de transporte asociada a un evento hidrológico [...]”. (Barbosa, 2013, Pg.7). | La socavación hídrica se calcula mediante métodos empíricos y analíticos, además de datos hallados por ensayos, topografía de la zona, entre otros. | Parámetros geotécnicos | Granulometría | Ensayos de mecánica de suelos |
| | | | | Corte directo | |
| | | | | Densidad máxima y mínima | |
| | | | Parámetros hidrológicos | Caudal de diseño | Registros de caudales máximos (Senamhi) |
| | | | | Periodo de retorno | Manual de Hidrología (MTC) |
| | | | | Rugosidad de Manning | |
| | | | Parámetros hidráulicos | Tirante máximo | Programa de modelamiento y simulación HEC-RAS |
| | | | | Velocidad de flujo | |
| | | | | Régimen de flujo | |
| V2. Aplicación del geotubo. | “En los últimos años las Geoestructuras han tenido gran aplicación en el diseño y construcción de rellenos de confinamiento tipo Diques en donde el material de llenado normalmente son suelos procedentes de material dragado”. (Geosistemas Pavco, 2012, Pg.432). | La aplicación del geotubo se calcula de manera manual, mediante una fórmula matemática en las que se reemplazarán datos para así obtener un resultado. Por otra parte se podría calcular mediante un software llamado Geocops, el cual lo posee la empresa Adama Engineering y cuyo costo es elevado. | Geometría | Altura del geotubo | Manuales y tesis referidas a geotubos |
| | | | | Ancho del geotubo | |
| | | | | Área transversal del geotubo | |
| | | | Propiedades técnicas | Propiedad mecánica | Especificaciones técnicas del geotubo (Manuales) |
| | | | | Propiedad hidráulica | |
| | | | | Propiedad de duración | |
| | | | Estabilidad | Estabilidad estática global | Programa de modelamiento y simulación Slide V.6.0 |
| | | | | Estabilidad pseudoestática global | |

Fuente: Propio tesista, 2018

2.3. Población, muestra y muestreo

Unidad de análisis

Es un fragmento de la investigación que se toma como elemento y sirve como base de la investigación y es definida por el investigador para realizar las mediciones necesarias. La unidad de análisis para este estudio es la socavación hídrica en el cauce del río Rímac con sus respectivas riberas desde el Puente Av. Morales Duarez hasta el Puente Rímac en el distrito Constitucional del Callao.

Población

Parella y Martins (2012), mencionan que “Población puede es referida hacia un grupo limitado o ilimitado de componentes, seres u objetos relacionadas a un estudio, por lo que a veces el tenerlo es inaccesible”. (p. 105)

La población de estudio es la socavación hídrica en la cuenca del río Rímac cuya longitud de cauce principal tiene 127.02 km con sus respectivas riberas aledañas, las cuales poseen características similares a lo largo de su recorrido.

Muestra

Si bien es cierto generar una muestra en donde los elementos tengan características iguales entre si haría que se tuviera solo una muestra como tamaño. Pero ya que no se muestra siempre este caso se opta por hallar u obtener una muestra diferente a una (mayor); pero que a la vez sea menor que toda la población o universo analizado. (Borja, 2016, p. 31)

La muestra de estudio comprende la socavación hídrica en la subcuenca baja del río Rímac cuya longitud de cauce de análisis es de 3.00 km con sus respectivas riberas.

Tabla 7. *Población, muestra y unidad de análisis*

| Población | Muestra | Unidad de análisis |
|--|--|---|
| La socavación hídrica en la cuenca del río Rímac cuya longitud de cauce principal tiene 127.02 km. | La socavación hídrica en la subcuenca baja del río Rímac cuya longitud de cauce de análisis es de 3.00 km. | La socavación hídrica en el cauce del río Rímac con sus respectivas riberas |

Fuente: Propio tesista, 2018

Muestreo

Valderrama (2013), establece el concepto de muestreo como “determinado procedimiento para clasificar una porción específica de un grupo o población, la cual nos permitirá calcular las medidas de la población. Una medida es considerada como un resultado numérico, que define a la población como objeto de estudio. (p. 188)

Este estudio usa el muestro no probabilístico de la subdivisión por conveniencia o llamado también intencional, porque el investigador toma la muestra de análisis a criterio propio. Por lo cual Palella y Martins (2012), indican que “El indagador previamente propone criterios de selección de unidades de análisis, que comúnmente son llamados o tienen el nombre de tipo”. (p. 114)

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para esta investigación se necesita de algunos aspectos muy importantes como las técnicas, instrumentos, y sobre todo medir la confiabilidad y validez de los mismos.

Técnica

Este estudio utiliza la técnica de observación directa, ya que al recoger datos de campo de tendrá una amplia observación de la zona de estudio. De esta manera Behar (2008), indica que “Aunque se use varios métodos, su marco metodológico de recogimiento de datos está establecido con el método de observación y los buenos o malos resultados de la averiguación tendrán que ver con la técnica que se usó”. (p. 55)

Además, se usa la técnica de recolección de datos en campo, así como de referencias documentales. Hernández, Fernández y Baptista (2010), indica que “Recaudar la información involucra desarrollar unos procedimientos estratégicos metodológicos que nos conlleven a almacenar información con un fin en específico”. (p. 198)

Instrumento de recolección de datos

Parella y Martins (2012), indican que “El instrumento para recolectar datos es, en origen, aquel elemento en el cual puede apoyarse el tesista para estar más cerca de los efectos y obtener de ellos datos”. (p. 125)

Tabla 8. *Instrumentos y validaciones*

| Etapas de la investigación | Instrumentos | Validación |
|--|--|--|
| Trabajo de campo | Ficha de recolección de datos | Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación |
| Topografía | Cartas nacionales topográficas Estación total | IGN (Instituto geográfico nacional) Certificado de calibración del equipo |
| Geotecnia | Ensayos de laboratorio | Normas ASTM y certificados de calibración del instrumento de ensayo |
| Estudios hidrológicos | Registros de caudales máximos anuales. | SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) |
| Análisis de teorías y fórmulas respecto al geotubo | Ficha de recolección de datos | Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación |

Fuente: Propio tesista, 2018

Para la recolección de datos se utilizan fichas de obtención de información de campo creadas por el investigador, ensayos, registros y documentos nacionales.

Validez

Validar un instrumento consta de hallar la raíz principal del tipo de evidencia. Para ello se toma la validez de criterio, validez de contenido y de validez de constructo para analizar si la herramienta con la que vamos a medir se acerca de forma aproximada a las variables representativas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 204)

En la Tabla 8, se especifica las validaciones correspondientes del estudio en función a las etapas de la investigación y su respectivo instrumento. Además de realizar el juicio de expertos mediante una clasificación numérica.

Tabla 9. Rangos y magnitudes de validez

| Rangos | Magnitud |
|-------------|----------|
| 0,81 a 1,00 | Muy Alta |
| 0,61 a 0,80 | Alta |
| 0,41 a 0,60 | Modorada |
| 0,21 a 0,40 | Baja |
| 0,01 a 0,20 | Muy Baja |

Fuente: Ruiz, 2002

La forma de medir la magnitud de confiabilidad de la ficha de recolección de información está en función a la Tabla 9, teniendo en cuenta el rango obtenido por medio del juicio de expertos.

Tabla 10. Índice de validación

| Validez | Experto 1 | Experto 2 | Experto 3 | promedio |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Variable independiente | 1.00 | 0.78 | 0.92 | 0.90 |
| Variable dependiente | 0.90 | 0.73 | 0.78 | 0.80 |
| Índice de validación | | | | 0.85 |

Fuente: Propio tesista, 2018

Las fichas de recolección de datos dan un índice de validación Muy Alta (ver Tabla 10), respecto a la Tabla 9, por lo que se puede entender que la ficha tiene un grado aceptable para reunir datos.

Confiabilidad

Un instrumento de recolección de datos va a ser confiable siempre y cuando su error aleatorio sea nulo. Es decir, las mediciones de estos instrumentos tienen que tener al menos un grado nulo de error respecto a la desviación producida por la influencia al azar en la medición. (Palella y Martins, 2012, p. 164)

En el aspecto de la geotecnia la confiabilidad es el certificado de calibración de los equipos de ensayo. Por otra parte, en la hidrología la confiabilidad será el registro de datos meteorológicos dados por el Senamhi. Y así mismo los programas computacionales de uso ingenieril como son el Slide v.6 y Hec-Ras para la modelación y simulación de los análisis en general; serán certificados con su ISO correspondiente.

2.5. Métodos de análisis de datos

Según Borja (2016), las realizaciones de los análisis de datos están ligados a los resultados estadísticos hallados con la recolección de datos, es por ello que menciona que:

En esta parte se precisa los análisis estadísticos que se aplicarán a los valores obtenidos, los cuadros estadísticos se crearán según las variables estudiadas y los cruces de información generados.

El análisis de datos que se ejecutarán dependerá del tipo de datos que se hayan recolectado durante el trabajo de campo. Para el caso de datos cuantitativos será necesario codificarlos y pasarlo a una matriz de datos en alguna Hoja Electrónica. Por consiguiente, se debe elaborar el análisis cuantitativo o estadístico de cada variable de estudio. (p. 35)

De esta manera los resultados del estudio serán llevados a partes de análisis estadísticos mediante hojas de cálculo Excel para verificar la correlación entre las dos variables propuestas y dar así también resultados gráficos para el mejor entendimiento de la investigación.

2.6. Aspectos éticos

La ética es una parte fundamental en todo profesional, ya que muestra e imparte fiabilidad en lo que hace, por eso este presente trabajo se ha referenciado de varios proyectos de investigación, tesis, revistas, artículos de fuentes confiables para su posterior redacción y revisión de jurados calificados. Por consiguiente, la ética y la moral deben de ir de la mano las cuales están plasmadas y reflejadas en este estudio de investigación, ayudándome a resolver mi problemática planteada, siendo estas citadas correctamente de acuerdo al Manual ISO 690 y 690-2, además de analizar la similitud de investigación con el programa turnitin.

III. RESULTADOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

El tramo que comprende el Puente Morales Duarez al Puente Rímac se encuentran ubicados en la provincia Constitucional del Calla entre Av. Elmer Faucett y Nestor Gambeta como se observa en la Figura 15. Dicha zona contiene suelo tipo limoso, formándose en el río una especie de islas. En ambos márgenes se describe ambas partes del río los cuales han sido objeto de estudio. A continuación, se muestra una captura de pantalla de la zona de estudio.



Figura 15. Ubicación de la zona de estudio. (Fuente: Google Earth, 2019)

Se tomó dicha área como zona de estudio porque hoy en día carece de trabajos de protección y cuidado en la ribera derecha del río, por otra parte, presenta antecedentes de una inundación por este sector. Además, constatar el incremento del caudal en el río Rímac por variación del estado climático que se presenta cada año por la parte cercana a la costa y litoral del país referenciando problemas de vulnerabilidad y amenazas de inundación.

Tabla 11. Ubicación geográfica de la zona de investigada

| | |
|-----------------------------|---|
| Departamento | Lima |
| Provincia | Callao |
| Distrito | Carmen de la Legua Reynoso |
| Zona | 18 |
| Ubicación geográfica | Longitud oeste: 77° 6'19.41"O Latitud sur: 12°02'26.67"S |

Fuente: Google Earth, 2019

Recopilación de información

Esta investigación se fundamenta mediante el uso de normas nacionales, informes y manuales, tales como:

- Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes (RNE).
- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
- Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Estudio Hidrológico: “Obra complementaria del Interceptor Norte, construcción de Cámara de descarga para el rebose de Emergencia - Distrito Callao”.
- Tesis relacionadas con el tema de investigación, verificando cada dato para su respectivo proceso, entre otros.

Panorama de la zona

- a) En la Figura 16, se observa la erosión y el deterioro de la ribera a evaluar, dicha erosión está ocasionando que el río se ensanche hasta llegar a la población cercana, por medio de un incremento de caudal del río Rímac. Presenta sistemas de protección muy mínimas en algunas partes del tramo del río.



Figura 16. Proceso de erosión en la ribera. (Fuente: Imagen propia, 2019)

- b) La ribera muestra el fenómeno de socavación y erosión, el suelo posee inestabilidad al poseer material granular muy suelto y de relleno como se puede observar en la Figura 17. Cabe destacar que estas fallas están ocurriendo muy cerca de las casas aledañas del río lo cual preocupa a las personas aledañas del sector, además de verificar que no existe alguna obra de protección lateral tan solo enrocados que durante el pasar de los años han sido desacomodados y llevados por la fuerza del río.



Figura 17. Deslizamiento del terreno. (Fuente: Imagen propia, 2019)

- c) El margen izquierdo del río posee una parte de la ribera con material compactado y combinación de relleno lo cual es típico en este tipo de ríos por parte de la contaminación de la población. No presenta sistemas de protección lo cual observamos en la Figura 18.



Figura 18. Sistemas de protección actual margen izquierda del río.

(Fuente: Imagen propia, 2019)

3.2 Trabajos preliminares

Topografía

Se usó como referencia las cartas nacionales obtenidos por el IGN, con el fin de referenciar puntos de levantamiento y realizar una representación gráfica para divisar el medio en cual se trabaja, sirviendo de ayuda para realizar la estabilidad y el modelamiento hidráulico. Se contó con la información siguiente, la cual también se detalla en la Tabla 12:

- Puntos de primer orden (poligonal) establecidos por el IGN.

Tabla 12. Cuadrantes del Tramo

| TRAMO | Cuadrante |
|-----------------------|-----------|
| Puente Morales Duarez | 23-C |
| Puente Rímac | 23-D |

Fuente: IGN, 2019

Se procedió a digitalizar las curvas de nivel tal como se muestra en la Figura 19, a través del programa Civil 3D, y así poder trabajar los datos en gabinete. Se tiene una longitud de 3.00 Km de río con sus riberas y formas geométricas tanto de sección transversal como perfiles longitudinales.



Figura 19. Plano catastral del sector de estudio.

(Fuente: IGN, 2019)

Por otra parte, se fue a campo a corroborar lo que se tenía como datos en las cartas nacionales, realizando un levantamiento topográfico para lo que se utilizó una estación total Leica cuyo modelo es una SO6 PLUS 1" R500 con una precisión de 1".

El método utilizado en campo fue la observación directa al momento de levantar la información por medio del equipo, ya que el tramo de análisis era relativamente largo se tomó las secciones a cada 250 m con el fin de agilizar el trabajo y dar un buen modelamiento.

Se hizo el recorrido del río para lo que se obtuvo las secciones transversales, las cuales luego se importan al programa Hec-Ras para las modelaciones correspondientes. A continuación,

en la Figura 20 se muestra el momento de la verificación en campo con el mencionado equipo.



Figura 20. Levantamiento topográfico en campo. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

Geotecnia

Para conseguir las cualidades del material de la ribera se llevaron a cabo trabajos de geotecnia, seleccionando porciones representativas del suelo y posteriormente trasladarlas al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales MTL Geotecnia localizado en Lima San Martín de Porres, realizando los ensayos bajo los parámetros establecidos por las normas peruanas vigentes (RNE). De esta manera obtendremos datos e información para poder seguir con la redacción y desarrollo de la investigación.

a) Calicatas

Para tener las cualidades del suelo de fundación se realizaron 3 calicatas, las cuales se observan en las Figuras 21, 22 y 23. Cuyas perforaciones fueron a cielo abierto. Para ello cada excavación se efectuaron a 600 m de distancia aproximadamente uno del otro. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio MTL Geotecnia, además se tiene las características observadas en campo.

La estratigrafía observada los ensayos de laboratorio y de campo esta se presenta con homogeneidad en el sector estudiado, constituida esencialmente por grava pobremente

graduada con arena, sin plasticidad, ligeramente humedad de color beige, hasta la profundidad de 2.10 m. Se concluye que el área de estudio es uniforme, de características similares por lo tanto no es necesario seguir realizando más calicatas en la zona.

En campo se pudo constatar la inestabilidad de una parte de la ribera al momento de realizar las excavaciones, esto se puede verificar en la calicata C-3, ya que se llegó solo a una profundidad de 1.80 m.

Por otra parte, se realizó una descripción de las características del suelo que se iba encontrando tanto dentro del río como en la ribera, la cual se clasificó en estratos de acuerdo a unos rangos en las excavaciones de dichas calicatas. De tal manera se podrá comprender mejor el trabajo realizado en campo. Por lo cual se detalla a continuación en las Tablas 13,14 y 15.

Tabla 13. Características de la calicata C-1

| Calicata C-1 | |
|----------------|---|
| 0.00 m | Nivel el Terreno Natural |
| 0.00 m-0.70 m | Relleno acumulativo de gravas angulares, limos, color beige de humedad moderadamente seca y de compacidad suave firme, presenta residuos solidos |
| 0.70 m-1.40m | Relleno de gravas subredondas de color grisacep y humedad moderadamente seca y de compacidadsuave a firme presenta bolonerias de hasta 4 pulg de diameteo y tambien presenta de residuos solidos. |
| 1.40 m- 2.10 m | Lente no estratificado con graves angulosas intercaladas de humedad medio humedo y consistencia firme a dura, preseta algunos resultados solidos. |

Fuente: Propio Tesista, 2019

Tabla 14.Características de la calicata C-2

| Calicata C-2 | |
|----------------|---|
| 0.00 m | Nivel el Terreno Natural |
| 0.00 m-0.70 m | Relleno acumulativo de gravas angulares, limos, color beige de humedad moderamente seca y de compacidad suave firme, presenta residuos solidos |
| 0.70 m-1.40m | Relleno de gravas subredondas de color grisacep y humedad moderamente seca y de compacidadsuave a firme presenta bolonerias de hasta 4 pulg de diameteo y tambien presenta de residuos solidos. |
| 1.40 m- 2.00 m | Lente no estratificado con graves angulosas intercaladas de humedad medio humedo y consistencia firme a dura, preseta algunos resultados solidos. |

Fuente: Propio Tesista, 2019

Tabla 15. Características de la calicata C-3

| Calicata C-3 | |
|----------------|---|
| 0.00 m | Nivel el Terreno Natural |
| 0.00 m-0.60 m | Relleno acumulativo de gravas angulares, limos, color beige de humedad moderamente seca y de compacidad suave firme, presenta residuos solidos |
| 0.60 m-1.20m | Relleno de gravas subredondas de color grisacep y humedad moderamente seca y de compacidadsuave a firme presenta bolonerias de hasta 4 pulg de diameteo y tambien presenta de residuos solidos. |
| 1.20 m- 1.80 m | Lente no estratificado con graves angulosas intercaladas de humedad medio humedo y consistencia firme a dura, preseta algunos resultados solidos. |

Fuente: Propio Tesista, 2019



Figura 21. Excavación de la primera calicata. (Fuente: Imagen propia, 2019)



Figura 22. Excavación de la segunda calicata. (Fuente: Imagen propia, 2019)



Figura 23. Excavación de la tercera calicata. (Fuente: Imagen propia, 2019)

b) Granulometría

En este ensayo se determina las dimensiones de las partículas de una muestra específica de suelo, descritas en la Tabla 16. Llevándose a cabo el ensayo por tamizado para examinar cómo se distribuyen las partículas de la muestra del suelo de la ribera, así como referencias de la granulometría del cauce del río. Para lo cual se muestran los valores obtenidos de este ensayo en las Tablas 17 y 18.

- D_{50} = De acuerdo con la curva granulométrica para un 50% del tamaño de la muestra se tiene 22.80 mm de diámetro.
- D_m = Es tomado como diámetro medio el $1.25 * D_{50} = 28.50$ mm
- D_{90} = Verificando la curva granulométrica para un 90% del tamaño de las dimensiones ejemplar se tiene 38.20 mm de diámetro.
- Peso específico del agua (Y_w) = 1.00 Tn/m^3
- Peso específico del suelo (Y_s) = $2.71 \text{ Tn/m}^3 \approx 26.97 \text{ Kn/m}^3$

Tabla 16. Análisis granulométrico de las muestras

| | | | | | |
|---|---------|----------------------|-------------|-------------|--|
| Calicata | | C-1 | C-2 | C-3 | |
| Muestra | | M-1 | M-1 | M-1 | |
| Profundidad | | 2.10 | 2.00 | 1.80 | |
| Análisis Granulométrico por Tamizado-ASTM D 422 | | | | | |
| Tamiz | (mm) | % acumulado que pasa | | | |
| 5" | 127.000 | 100 | 100 | 100 | |
| 4" | 101.600 | 100 | 100 | 100 | |
| 3" | 76.200 | 100 | 100 | 100 | |
| 2 1/2" | 63.300 | 100 | 100 | 100 | |
| 2" | 50.800 | 100 | 100 | 100 | |
| 1 1/2" | 38.100 | 100 | 100 | 100 | |
| 1" | 25.400 | 94.2 | 94.7 | 69.8 | |
| 3/4" | 19.000 | 71.2 | 74.8 | 55.2 | |
| 1/2" | 12.500 | 63.9 | 63.1 | 48.4 | |
| 3/8" | 9.500 | 56.2 | 58.5 | 45.7 | |
| N°4 | 4.750 | 43.3 | 49.7 | 42.0 | |
| N°10 | 2.000 | 34.7 | 43.6 | 38.9 | |
| N°20 | 0.840 | 25.7 | 37.1 | 35.4 | |
| N°40 | 0.425 | 13 | 17.1 | 17.0 | |
| N°60 | 0.250 | 5.2 | 5.8 | 5.1 | |
| N°100 | 0.150 | 1.7 | 1.7 | 1.2 | |
| N°200 | 0.075 | 0.6 | 0.6 | 0.2 | |
| Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad- ASTM 4318 | | | | | |
| Límite Líquido | | N.P | N.P | N.P | |
| Límite Plástico | | N.P | N.P | N.P | |
| Índice de Plasticidad | | N.P | N.P | N.P | |
| Clasificación de Suelos SUCS-ASTM D 2487 | | | | | |
| Clasificación | | G.P | G.P | G.P | |
| Clasificación de Suelos AASHTO-ASTM D 3282 | | | | | |
| Clasificación | | A-1-a(0) | A-1-a(0) | A-1-a(0) | |

Fuente: Ensayo de laboratorio, 2019

Tabla 17. Simbología de suelos

| DIVISIONES MAYORES | | SIMBOLO | | DESCRIPCIÓN |
|--------------------|-------------------------|---------|---------|---------------------|
| | | SUCS | GRÁFICO | |
| SUELOS GRANULARES | GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS | GW | | GRAVA BIEN GRADUADA |
| | | GP | | GRAVA MAL GRADUADA |
| | | GM | | GRAVA LIMOSA |
| | | GC | | GRAVA ARCILLOSA |
| | ARENA Y SUELOS ARENOSOS | SW | | ARENA BIEN GRADUADA |
| | | SP | | ARENA MAL GRADUADA |
| | | SM | | ARENA LIMOSA |
| | | SC | | ARENA ARCILLOSA |

Fuente: (Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, 2006)

Tabla 18. Clasificación SUCS de las muestras

| Calicata | Clasificación SUCS-ASTM D 2484 | Descripción |
|----------|--------------------------------|--------------------|
| C-1 M-1 | GP | Grava mal graduada |
| C-2 M-1 | GP | Grava mal graduada |
| C-3 M-1 | GP | Grava mal graduada |

Fuente: Ensayo de laboratorio, 2019

c) Contenido de humedad

En este ensayo se establece el vínculo del peso del ejemplar después de quitarle la humedad en un horno y el peso del agua del ejemplar en estado natural, esto para obtener el porcentaje de humedad contenida de cada muestra, se colocó las muestras a una temperatura de 110 ± 5 °C durante un periodo de tiempo de 12 hrs a 16 hrs.

Se distribuyeron las muestras en diferentes taras cada una con su nombre para luego ser pesadas en una balanza electrónica con un margen de error mínimo en peso (kilaje), finalmente siendo secadas en las horas mencionadas.

En la Tabla 19, se puede observar que quien tiene el mayor porcentaje de humedad es la muestra de la calicata 1 con 3.1 %, esto puesto que por la clasificación es grava mal graduada (GP), mientras que las demás muestras poseen gravas en gran porcentaje dando porcentajes bajos de humedad.

Tabla 19. *Contenido de humedad de las muestras*

| CONTENIDO DE HUMEDAD % | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|
| CALLAO-LIMA | C-1 | C-2 | C-3 |
| | 3.1 | 2.5 | 1.8 |

Fuente: Ensayo de laboratorio, 2019

d) Corte directo

Nos referimos al ensayo que se realiza para establecer propiedades de resistencia de materiales consolidados y drenados ante esfuerzos provocados por fatiga y deformaciones, dicho ensayo puede ejecutarse en cualquier tipo de suelo. Por lo consiguiente existe un límite en el tamaño de partículas en la muestra a realizar.

Para este ensayo utilizamos un molde dividido en dos de forma horizontal de una altura de 2.32 cm y 6.07 cm de lado descrito en la Tabla 20, sucesivamente la muestra de suelo queda en la parte intermedia. Se traslada a la máquina de ensayo de corte donde al material lo mojamos y se ejerce una fuerza vertical y horizontal lo que ocasiona el corte de la muestra al trasladar estas dos mitades del molde, la cual podemos observar en la Figura 24. Este ensayo ejerce dos tipos de esfuerzos, los que incitan a la falla de la muestra por corte: Esfuerzo cortante y Esfuerzo normal.



Figura 24. Desarrollo del ensayo de corte directo. (Fuente: Propio tesista, 2019)

Tabla 20. Corte directo en muestra C-3

| ESPECIMEN 3 | | |
|--------------------------|-------|--------------------|
| Altura Inicial: | 23.9 | mm |
| Diámetro de muestra : | 60.7 | mm |
| Area Inicial: | 28.9 | cm ² |
| Densidad Seca: | 1.670 | gr/cm ³ |
| Humedad: | 1.9 | % |
| Peso Normal : | 5.858 | kg |
| Esfuerzo Normal : | 2.03 | kg/cm ² |

Fuente: Ensayo de laboratorio, 2019

e) Densidad natural o de campo

La densidad de campo se ejecuta con la intención de establecer las densidades húmeda y seca y, el contenido de humedad del suelo compactado, para luego ser comparado con densidad máxima del laboratorio con el propósito de determinar el grado de compactación.

Para dicho ensayo se fue al lugar establecido por el tesista lo cual se evidencia en la Figura 25, extrayendo la muestra la cual se pesó. Por otra parte, se tomó el peso del cono más el peso de la arena (peso inicial), teniendo como dato la densidad de la arena cuyo dato es establecido por el laboratorio. Para luego dejar caer la arena Ottawa abriendo la válvula que presenta el cono, obteniendo un nuevo peso.



Figura 25. Densidad natural de campo. (Fuente: Ensayo de laboratorio, 2019)

Hidrología

Para efectuar el Estudio de Hidrología se recopilaron datos meteorológicos brindados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), los cuales se componen de registros históricos de caudales/año, determinando el caudal de diseño del tramo de análisis.

Referente a los datos de precipitaciones pluviales brindados por el SENAMHI, podemos establecer que se manifiestan con mayor reiteración en los periodos de verano, para ser precisos, rangos de diciembre a Abril; pero con gran magnitud durante los meses de enero y marzo. Presentándose con poca magnitud los demás meses del año.

Yendo al ámbito de los desastres causados por el fenómeno del niño podemos mencionar que muchas subestructuras de los puentes que cruzan el río Rímac se vieron dañados, todo a causa de la crecida del río como consecuencia de las precipitaciones pluviales dadas en la zona mencionada.

Se cuenta con registros de caudales máximos medios (m³/s) históricos para el análisis que van desde el año 1967 a 2011, la que se muestra en la Tabla 21. Esta información proporciona por el Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú); teniendo como caudal máximo histórico 200.073 m³/s entre los años de 1997-1998 y el caudal mínimo 31.323 m³/s entre los años de 1967-1968.

Tabla 21. Registro de caudales máximos medios (m³/s), medidos en la estación Chosica

| AÑO HIDROLOGICO | DESCARGA (m ³ /s) | AÑO HIDROLOGICO | DESCARGA (m ³ /s) |
|--------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1967-1968 | 46.400 | 1989-1990 | 61.309 |
| 1968-1969 | 113.200 | 1990-1991 | 84.750 |
| 1969-1970 | 151.000 | 1991-1992 | 56.659 |
| 1970-1971 | 138.000 | 1992-1993 | 182.213 |
| 1971-1972 | 95.600 | 1993-1994 | 168.198 |
| 1972-1973 | 128.000 | 1994-1995 | 89.101 |
| 1973-1974 | 115.400 | 1995-1996 | 127.497 |
| 1974-1975 | 124.000 | 1996-1997 | 90.153 |
| 1975-1976 | 106.600 | 1997-1998 | 200.073 |
| 1976-1977 | 126.000 | 1998-1999 | 164.226 |
| 1977-1978 | 124.000 | 1999-2000 | 127.255 |
| 1978-1979 | 123.000 | 2000-2001 | 125.652 |
| 1979-1980 | 101.100 | 2001-2002 | 88.774 |
| 1980-1981 | 132.000 | 2002-2003 | 163.003 |
| 1981-1982 | 76.200 | 2003-2004 | 101.373 |
| 1982-1983 | 108.000 | 2004-2005 | 99.182 |
| 1983-1984 | 157.300 | 2005-2006 | 117.830 |
| 1984-1985 | s/D | 2006-2007 | 128.638 |
| 1985-1986 | 154.200 | 2007-2008 | 101.601 |
| 1986-1987 | 186.500 | 2008-2009 | 154.327 |
| 1987-1988 | 73.937 | 2009-2010 | 123.085 |
| 1988-1989 | 85.233 | 2010-2011 | 31.323 |

Fuente: Senamhi, 2014

a) Período de retorno

Se eligieron los periodos más representativos basados en el riesgo de falla (R) y la vida útil (n) de la obra hidráulica mediante la ecuación (1.8) y las Tablas 3 y 4; la cual constituye una fórmula analítica, teniendo lo siguiente:

➤ Para:

$$R = 25 \%$$

$$n = 40 \text{ años}$$

$$0.25 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{40} \gg T = 139.54 \approx 140 \text{ años}$$

Finalmente se tiene el periodo de retorno $T = 140$ años para el cálculo del caudal de diseño teniendo en cuenta los caudales máximos medios (m^3/s) históricos.

b) Caudal de diseño

En el proceso de calcular el caudal de diseño, se optó por realizar primero las funciones de distribución, también los caudales históricos de registro de la estación de Chosica que se adaptan a la función de la distribución de Gumbel, por lo que los caudales de diseño se calculan mediante el Método de Gumbel.

• Método de distribución Gumbel

Para iniciar con la metodología de distribución de Gumbel se presenta el siguiente procedimiento de cálculo, mediante el uso de los fundamentos analíticos de la expresión de la fórmula antes descrita.

1) Cálculo del promedio de caudales mediante la ecuación (1.1):

$$Q_m = \frac{\sum Q_i}{N}$$

Por lo cual se tiene que:

$$Q_m = 114.816 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Cálculo de la desviación estándar mediante la ecuación (1.2):

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N-1}}$$

$$\sigma_Q = 40.948 \text{ m}^3/\text{s}$$

En la Tabla 22, se presenta los datos de entrada para el cálculo:

Tabla 22. Datos de entrada para el análisis de distribución

| N | Qi (m3/s) | Qi ² | N | Qi (m3/s) | Qi ² |
|----|-----------|-----------------|----|-----------|-----------------|
| 1 | 46.400 | 2152.96 | 23 | 61.309 | 3758.79 |
| 2 | 113.200 | 12814.24 | 24 | 84.750 | 7182.56 |
| 3 | 151.000 | 22801.00 | 25 | 56.659 | 3210.24 |
| 4 | 138.000 | 19044.00 | 26 | 182.213 | 33201.58 |
| 5 | 95.600 | 9139.36 | 27 | 168.198 | 28290.57 |
| 6 | 128.000 | 16384.00 | 28 | 89.101 | 7938.99 |
| 7 | 115.400 | 13317.16 | 29 | 127.497 | 16255.49 |
| 8 | 124.000 | 15376.00 | 30 | 90.153 | 8127.56 |
| 9 | 106.600 | 11363.56 | 31 | 200.073 | 40029.21 |
| 10 | 126.000 | 15876.00 | 32 | 164.226 | 26970.18 |
| 11 | 124.000 | 15376.00 | 33 | 127.255 | 16193.84 |
| 12 | 123.000 | 15129.00 | 34 | 125.652 | 15788.43 |
| 13 | 101.100 | 10221.21 | 35 | 88.774 | 7880.82 |
| 14 | 132.000 | 17424.00 | 36 | 163.003 | 26569.98 |
| 15 | 76.200 | 5806.44 | 37 | 101.373 | 10276.49 |
| 16 | 108.000 | 11664.00 | 38 | 99.182 | 9837.07 |
| 17 | 157.300 | 24743.29 | 39 | 117.830 | 13883.91 |
| 18 | 0.000 | 0.00 | 40 | 128.638 | 16547.74 |
| 19 | 154.200 | 23777.64 | 41 | 101.601 | 10322.76 |
| 20 | 186.500 | 34782.25 | 42 | 154.327 | 23816.82 |
| 21 | 73.937 | 5466.68 | 43 | 123.085 | 15149.92 |
| 22 | 85.233 | 7264.66 | 44 | 31.323 | 981.13 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

3) Cálculo de los coeficientes en función de N:

Tabla 23. Valores de Y_n y σ_N tomados

| N | Y_n | σ_N |
|----|--------|------------|
| 44 | 0.5458 | 1.1499 |

Fuente: Tomado de Villón, 2002

Para lo cual escogemos que para $N = 44$: $Y_n = 0.5458$ y $\sigma_N = 1.1499$

4) Obtención de la ecuación del $Q_{\text{máx}}$ mediante la ecuación (1.3):

$$Q_{\text{máx}} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (Y_N - \ln T)$$

$$Q_{\text{máx.}} = 114.816 - \frac{40.948 (0.5458 - \ln T)}{1.1499}$$

5) Cálculo del Qmáx en diferentes T:

Tabla 24. Qmáx para diferentes T

| T | Qmáx | unidad |
|-----|---------|--------|
| 50 | 234.688 | m3/s |
| 100 | 259.371 | m3/s |
| 140 | 271.353 | m3/s |

Fuente: Elaboración propia, 2019

6) Cálculo del factor ϕ mediante la ecuación (1.4):

$$\phi = 1 - \frac{1}{T}$$

Tabla 25. Factores ϕ

| T | ϕ |
|-----|--------|
| 50 | 0.98 |
| 100 | 0.99 |
| 140 | 0.99 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

7) Cálculo del intervalo de confianza:

De la Tabla 25 se aprecia que $\phi > 0.90$, se usa la ecuación (1.6):

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sigma_Q}{\sigma_N}$$

$$\Delta Q = 40.5958 \text{ m3/s}$$

8) Cálculo del caudal de diseño final mediante la ecuación (1.8):

$$Q_d = Q_{max} \pm \Delta Q$$

Tabla 26. Caudales de diseño

| T | Qdmáx | Qdmín | unidad |
|-----|---------|----------|--------|
| 50 | 275.284 | 194.0922 | m3/s |
| 100 | 299.967 | 218.7754 | m3/s |
| 140 | 311.949 | 230.7573 | m3/s |

Fuente: Elaboración propia, 2019

c) Rugosidad de Manning

Se realiza los cálculos de coeficiente de rugosidad mediante el cálculo de Cowan, para obtener las rugosidades del cauce y de la ribera durante el trayecto del río de análisis. Los cuales se muestran en la Tabla 27:

Tabla 27. Cálculo de rugosidad “n” del cauce y ribera

| Para cauce principal (lecho) | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Rugosidades | Características |
| $n_0 = 0.024$ | Grava fina (Superficie) |
| $n_1 = 0.005$ | Menor (Irregularidad) |
| $n_2 = 0.005$ | Ocasional (Variación de sección) |
| $n_3 = 0.000$ | Despreciable (Obstrucción) |
| $n_4 = 0.005$ | Bajo (Vegetación) |
| $m_5 = 1.000$ | Menor (Meandros) |
| n = 0.039 | Rugosidad del cauce |
| Para zona de inundación (ribera) | |
| Rugosidades | Características |
| $n_0 = 0.028$ | Grava gruesa (Superficie) |
| $n_1 = 0.005$ | Menor (Irregularidad) |
| $n_2 = 0.005$ | Ocasional (Variación de sección) |
| $n_3 = 0.000$ | Despreciable (Obstrucción) |
| $n_4 = 0.005$ | Medio (Vegetación) |
| $m_5 = 1.000$ | Menor (Meandros) |
| n = 0.043 | Rugosidad de la ribera |

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.3 Modelamiento hidráulico con Hec - Ras

En el proceso de analizar el río Rímac, en cada sección del cauce usé uno de los programas muy conocidos en la parte hidráulica que es el Hec-Ras. Dicho programa sirve y se usa para modelar ríos, canales, etc. Por otra parte, este programa trabaja de la mano con otros como civil 3d, AutoCAD, etc.

Lo primero que se realiza es indicar la dirección de flujo del río para posteriormente esbozar la geometría de las secciones a trabajar teniendo en cuenta como dato sus altitudes y distancias entre dichas secciones, la que se muestra en la Figura 26.

Otros datos fundamentales para el modelado son la topografía, caudales de diseño usados en los periodos de retorno de $T=140$ años, rugosidades tanto de ribera como de cauce.

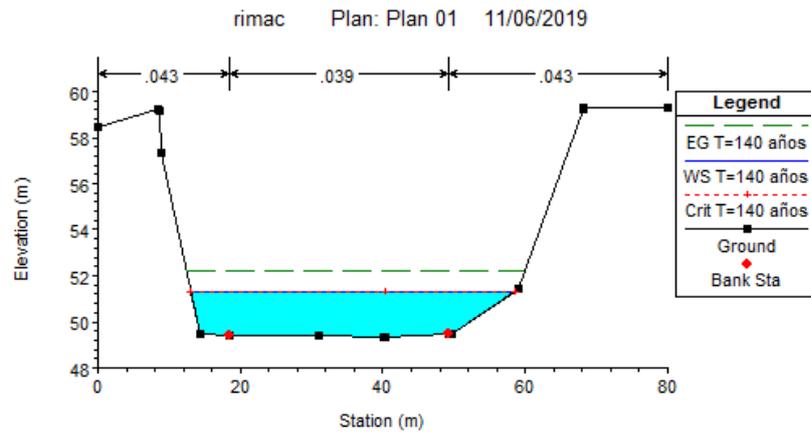


Figura 28. Sección 2. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

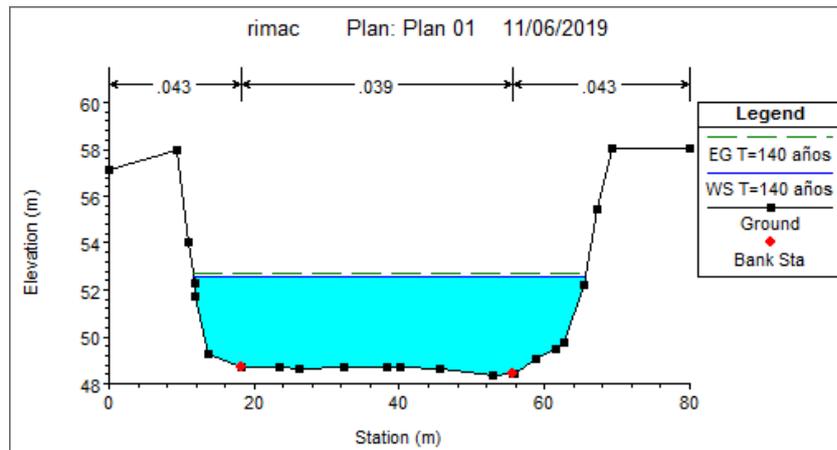


Figura 29. Sección 3. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

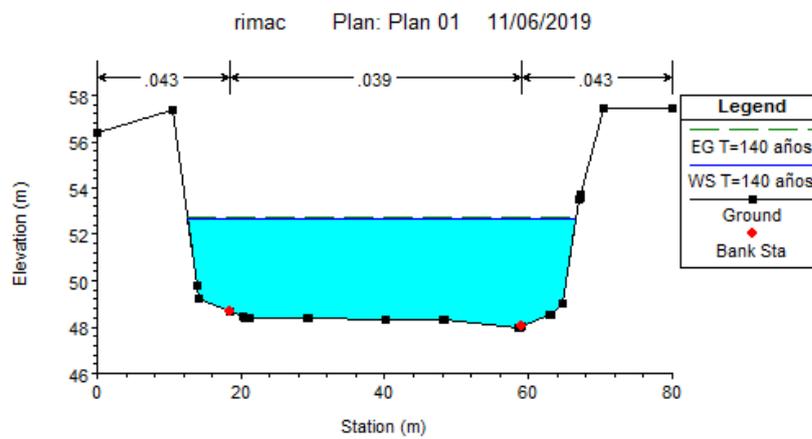


Figura 30. Sección 4. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

Otra cosa que podemos obtener en el Hec-Ras es simular y modelar tanto la parte hidrológica como hidráulica de mi tramo esto en diferentes circunstancias y periodos. A continuación, en la Figura 31 se muestra el modelamiento:

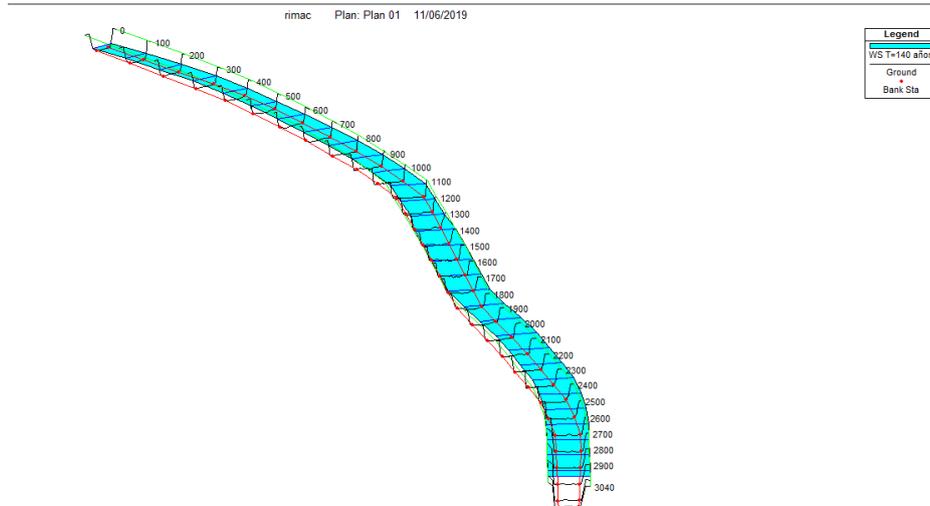


Figura 31. Simulación del tramo investigado. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

3.4 Socavación en el cauce

La obtención de la socavación en el cauce se fundamenta en el uso de la metodología de Lischtván – Levediev para tipo de suelos granulares, con respecto al análisis granulométrico se pudo concluir que el cauce posee material de grava mal graduada.

Además, para el inicio de cálculo de socavación se opta por utilizar datos hidráulicos de la sección aguas arriba en este caso el perfil 0, los que se muestran en la Tabla 28:

Tabla 28. Datos hidráulicos de la sección inicial aguas arriba.

| Plan: Plan 01 rimac Rio RS: 0 Profile: T=140 años | | | | | |
|---|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m) | 52.23 | Element | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m) | 0.74 | Wt. n-Val. | 0.043 | 0.039 | 0.043 |
| W.S. Elev (m) | 51.50 | Reach Len. (m) | | | |
| Crit W.S. (m) | 51.33 | Flow Area (m2) | 10.11 | 64.68 | 10.53 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.009009 | Area (m2) | 10.11 | 64.68 | 10.53 |
| Q Total (m3/s) | 311.95 | Flow (m3/s) | 29.40 | 258.60 | 23.95 |
| Top Width (m) | 46.18 | Top Width (m) | 5.61 | 30.72 | 9.85 |
| Vel Total (m/s) | 3.66 | Avg. Vel. (m/s) | 2.91 | 4.00 | 2.27 |
| Max Chl Dpth (m) | 2.19 | Hydr. Depth (m) | 1.80 | 2.11 | 1.07 |
| Conv. Total (m3/s) | 3286.5 | Conv. (m3/s) | 309.8 | 2724.5 | 252.3 |
| Length Wtd. (m) | | Wetted Per. (m) | 6.69 | 30.72 | 10.07 |
| Min Ch El (m) | 49.30 | Shear (N/m2) | 133.51 | 186.01 | 92.41 |
| Alpha | 1.08 | Stream Power (N/m s) | 388.10 | 743.65 | 210.17 |
| Frctn Loss (m) | | Cum Volume (1000 m3) | | | |
| C & E Loss (m) | | Cum SA (1000 m2) | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2019

A partir de las teorías explicadas en las páginas anteriores se da el inicio a los cálculos de socavación, además de la teoría explicada por Manning. Cabe destacar que cada dato es recogido de los parámetros previamente establecidos como son: geotécnico, hidrológico e hidráulico; este último derivado de la simulación con el programa Hec-Ras.

Otro punto importante es verificar si el inicio de los materiales del fondo del cauce es por medio de lecho móvil o aguas claras:

$$V_m > V_c \dots\dots\dots (\text{Lecho móvil})$$

$$V_m < V_c \dots\dots\dots (\text{Aguas claras})$$

El dato de la velocidad media es hallado por medio de la fórmula de Manning:

$$V_m = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Dónde:

Rugosidad del cauce (n) = 0.039

Área hidráulica (A_f) = 85.32 m²

Perímetro mojado (P_m) = 47.48 m

Radio hidráulico (R) = A_f / P_m = 85.32 / 47.48 = 1.80 m

Pendiente media (S) = 0.0090 m/m

$$V_m = \frac{1}{0.039} * 1.80^{2/3} * 0.0090^{1/2} \gg V_m = 3.60 \text{ m/s}$$

Para la velocidad crítica que origina el movimiento de partículas usaremos una fórmula empírica:

$$V_c = 6.19 * h^{1/6} * D_{50}^{1/3}$$

Dónde:

Profundidad promedio aguas arriba (h) = 2.19 m

Diámetro al 50% (D₅₀) = 0.0285 m

$$V_c = 6.19 * 2.19^{1/6} * 0.0285^{1/3} \gg V_c = 2.15 \text{ m/s}$$

De esta manera se constata que la socavación es por medio de lecho móvil, ya que se tiene que: $V_m = 3.60 \text{ m/s} > V_c = 2.15 \text{ m/s}$.

Para el cálculo de factor de frecuencia (β), usamos la ecuación (1.12):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \text{ Log (Tr)}$$

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \text{ Log (140)} \gg (\beta) = 1.00$$

Para el exponente variable (x) respecto al Dm, se usa la ecuación (1.13):

$$X = 0.394557 - 0.4136 \text{ Log} (D_m) - 0.00891 \text{ Log}^2 (D_m)$$

$$X = 0.394557 - 0.4136 \text{ Log} (28.5) - 0.00891 \text{ Log}^2 (28.5) \gg X = 0.31552595$$

Para el coeficiente por contracción (u), se utiliza: u = 1.00 (no hay obstáculos)

Después de realizar los cálculos previos se inicia con los cálculos de socavación en el cauce:

$$\begin{aligned} \Delta S &= H_s - h \text{ (Socavación general)} \\ Q_d &= 311.949 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Caudal de diseño)} \\ B_e &= 46.18 \text{ m} \text{ (Ancho de la superficie libre de flujo)} \\ h &= 2.19 \text{ m} \text{ (Tirante máximo)} \\ \beta &= 1.00 \text{ (Para un } T = 140 \text{ años)} \\ D_m &= 28.50 \text{ mm} \text{ (Diámetro medio)} \\ u &= 1.00 \\ \phi &= 1.00 \\ x \approx z &= 0.31552595 \\ R &= A_f / B_e = 85.32 / 46.18 = 1.85 \text{ m} \\ \alpha &= \frac{Q_d}{B_e * R^{5/3}} = \frac{311.949}{46.18 * 1.85^{5/3}} = 2.42 \end{aligned}$$

Por lo tanto, usando la ecuación (1.10):

$$H_s = \left[\frac{2.42 * 2.19^{5/3}}{0.68 * 1.00 * 1 * 1 * 28.5^{0.28}} \right]^{(1/(1+0.31552595))}$$

$$H_s = 3.47 \text{ m}$$

$$\Delta S = 3.47 - 2.19 = 1.28 \text{ m} \approx 1.30 \text{ m}$$

Ahora se verifica las condiciones de la fórmula de Lischtvan – Levediev en base a dos aspectos fundamentales, los cuales son:

- ✓ Flujo subcrítico: $0.88 < 1.00$ (Cumple)
- ✓ condición de equilibrio de velocidades de flujo: ($V_r = V_e$) (Cumple)

Para la velocidad real media se utiliza la ecuación:

$$V_r = \frac{2.42 * 2.19^{5/3}}{3.47} = 2.56 \text{ m/s}$$

Para la velocidad erosiva en suelos granulares se utiliza la ecuación:

$$V_e = 0.68 * 1.00 * 28.5^{0.28} * 3.47^{0.31552595} = 2.56 \text{ m/s}$$

3.5 Estabilidad de la ribera natural

Para calcular la estabilidad de la ribera se utiliza como parámetro el factor de seguridad midiendo sus rangos aceptables. Cabe destacar que como el geotubo es un sistema relativamente similar a las estructuras hidráulicas por ser un material resistente ante la variación de caudales y energías de flujo; su forma de análisis de estabilidad está referida a un sistema flexible y sistema de peso propio o gravedad.

A diferencia de los mecanismos de protección lateral como enrocados, muros de contención, gaviones u otros; el sistema geotubo posee características resistentes ante el contacto con el agua a una velocidad variable ascendente. Para analizar la estabilidad de la ribera en el río de forma natural se toma en principio las características del terreno, la morfología del lugar, efectos sísmicos, entre otros.

Por otra parte, se verifican los rangos de factor de seguridad que mandan las normas tanto nacionales como internacionales. A continuación, se describen en la Tabla 29:

Tabla 29. *Valores mínimos de factor de seguridad*

| NORMATIVA | TALUD TEMPORAL | | TALUD PERMANENTE | |
|-----------------|----------------|----------|------------------|----------|
| | ESTÁTICA | SÍSMICA | ESTÁTICA | SÍSMICA |
| AASHTO LRFD | 1,33-1,53 | 1,1 | 1,33-1,53 | 1,1 |
| NAVFAC-DM7 | 1,3-1,25 | 1,2-1,15 | 1,5 | 1,2-1,15 |
| FHWA-NHI-11-032 | - | 1,1 | - | 1,1 |
| CE.020 | - | - | 1,5 | 1,25 |

Fuente: Valiente, Sobrecases y Diaz, 2015

✓ Estabilidad global estática en la ribera

Uno de los programas más utilizados para calcular la estabilidad global es el conocido Slide v 6.0, el cual nos permite realizar modelamientos y simulaciones en riberas, laderas, etc., esto dependería del objetivo que se pretende tratar. Se realizó la importación de cierta sección a programa, como también se definió sus propiedades, para después efectuar los cálculos de factor de seguridad a través de varios métodos, entre ellos: Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price.

Al ser de forma estática se asume una isoaceleración horizontal nula y también se está tomando todo el suelo como un solo estrato por tener material igual en el recorrido del río, además de tener tipos de suelos iguales por medio de los ensayos de laboratorio, se procede a efectuar los análisis de estabilidad global en diferentes ambientes con condiciones ya

calculadas; es decir realiza la simulación para siguientes casos:

- Cauce natural sin socavación
- Cauce natural con socavación

En el programa se tienen los datos de entrada, todo esto por los ensayos efectuados en el laboratorio como también en investigaciones y artículos, por lo que se tienen los siguientes datos verificados en la Figura 32:

Valores resaltantes del suelo:

- Peso unitario (γ_s) = $2.71 \text{ Tn/m}^3 \approx 26.57 \text{ KN/m}^3$
- Angulo de fricción (ϕ) = 19.8°
- Cohesión (C) = $0.00 \text{ Kg/cm}^2 \approx 0.00 \text{ KN/m}^2$

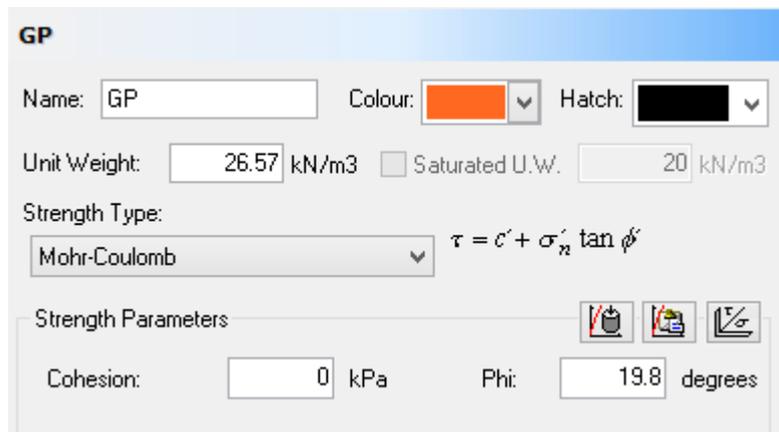


Figura 32. Ingreso de las características del suelo al programa.

(Fuente: Elaboración propia, 2019)

Luego de ingresar los datos al programa se obtienen resultados del modelamiento de estabilidad global estático en la ribera.

Estabilidad global estático para cauce sin socavación

Tabla 30. Valores de FS estático obtenidos para cauce sin socavación

| Valores del análisis estático | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
| Método | Factor de seguridad | Radio (m) |
| Spencer | 1.482 | 21.195 |
| Morgenstern-Price | 1.484 | 21.195 |
| Bishop simplificado | 1.481 | 21.195 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

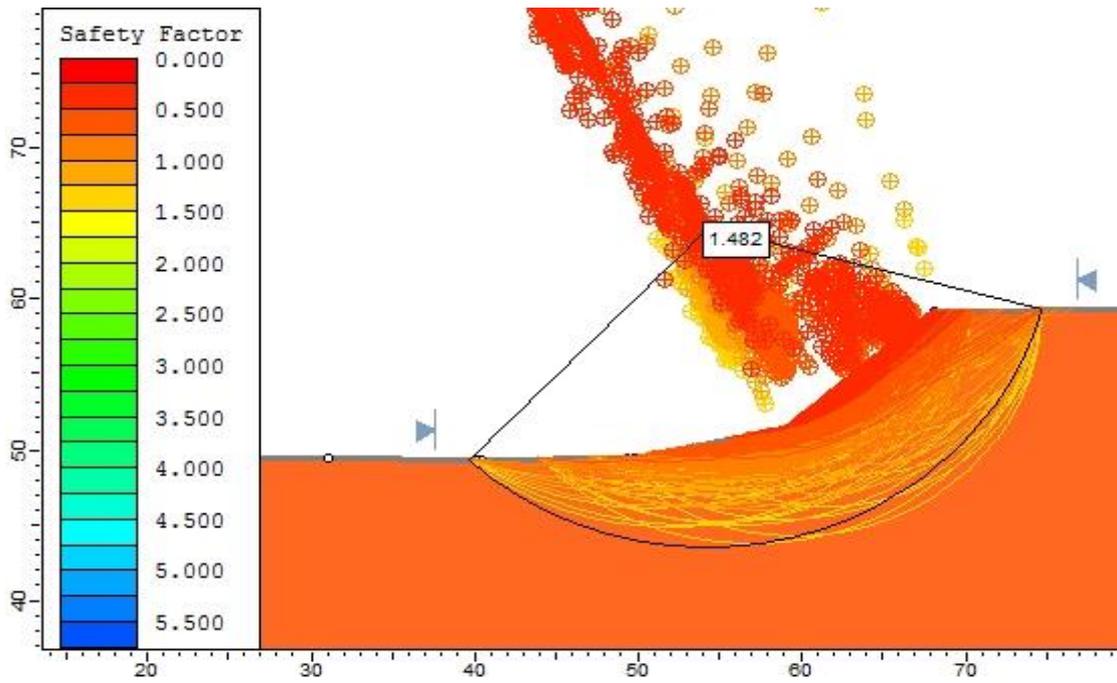


Figura 33. F.S estático por el método de Spencer para cauce sin socavación. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

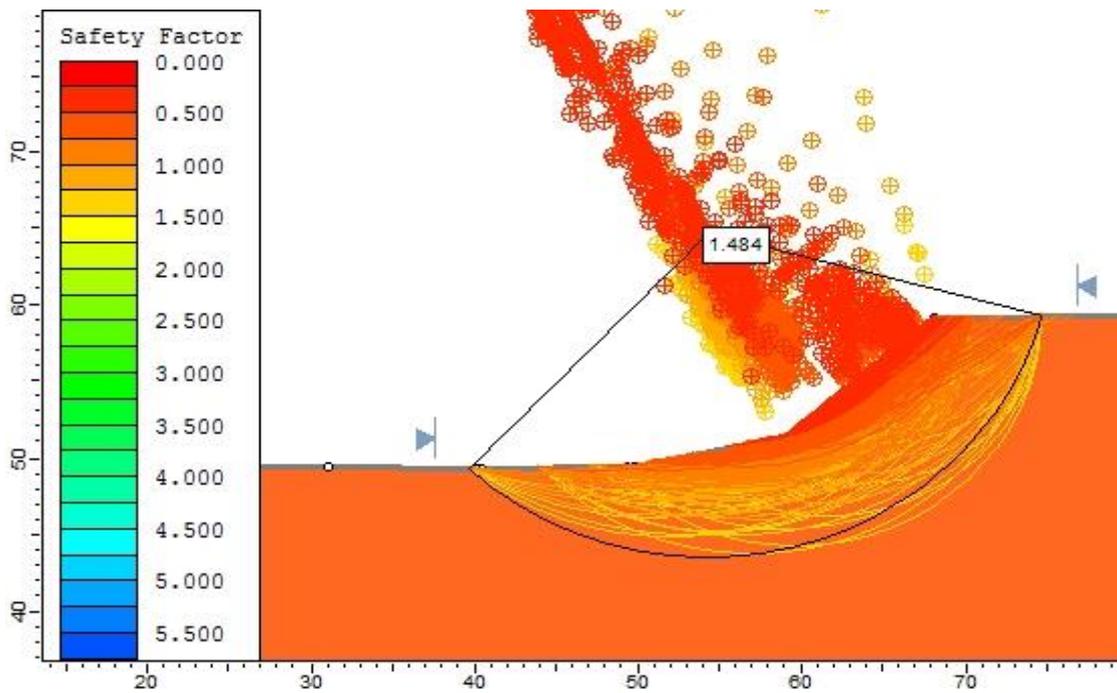


Figura 34. F.S estático por el método de Morgenstern-Price para cauce sin socavación. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

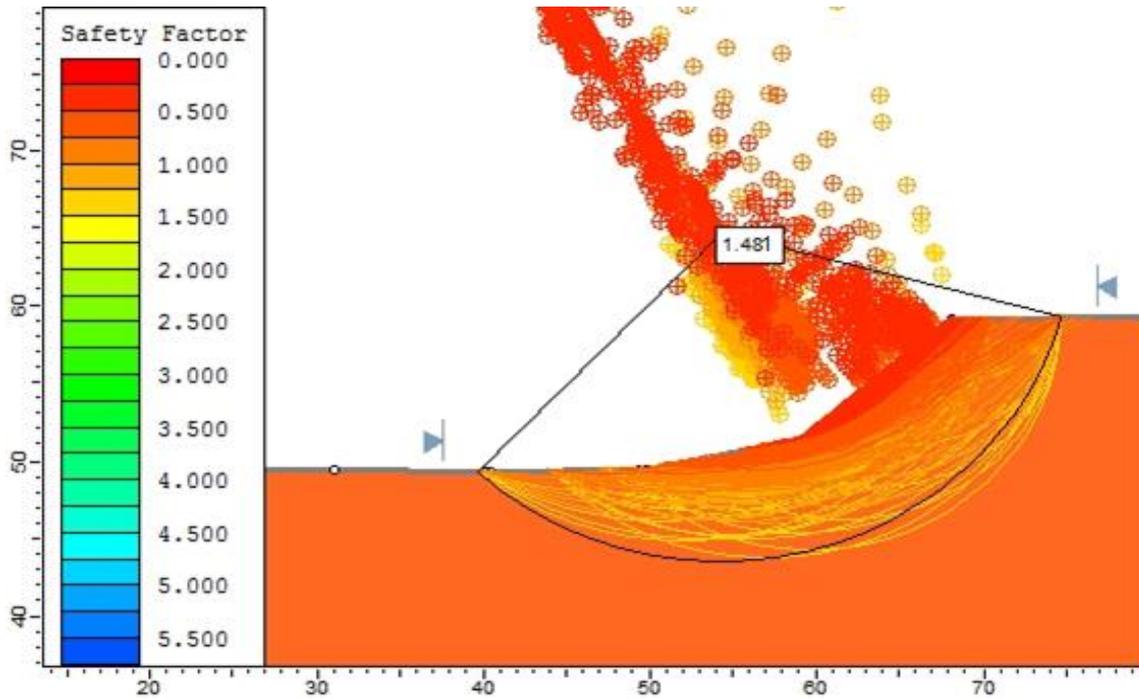


Figura 35. F.S estático por el método de Bishop simplificado para cauce sin socavación.
(Fuente: Propio Tesista, 2019)

En la Tabla 30, respecto a las Figuras 33, 34 y 35 se observan los factores de seguridad aceptables en estado estático; pues se insertan mecanismos de protección como los geotubos aminorando el efecto de socavación. Se utilizaron tres métodos que son Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price los cuales proporcionan factores de seguridad equivalentes a 1.50 con un radio de análisis de 21.195 m.

La diferencia en los resultados maneja rangos de 0.002 a 0.003.

Estabilidad global estática para cauce con socavación

Tabla 31. Valores de FS estático obtenidos para cauce con socavación

| Valores del análisis estático | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
| Método | Factor de seguridad | Radio (m) |
| Spencer | 1.092 | 23.194 |
| Morgenstern-Price | 1.093 | 23.194 |
| Bishop simplificado | 1.089 | 23.194 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

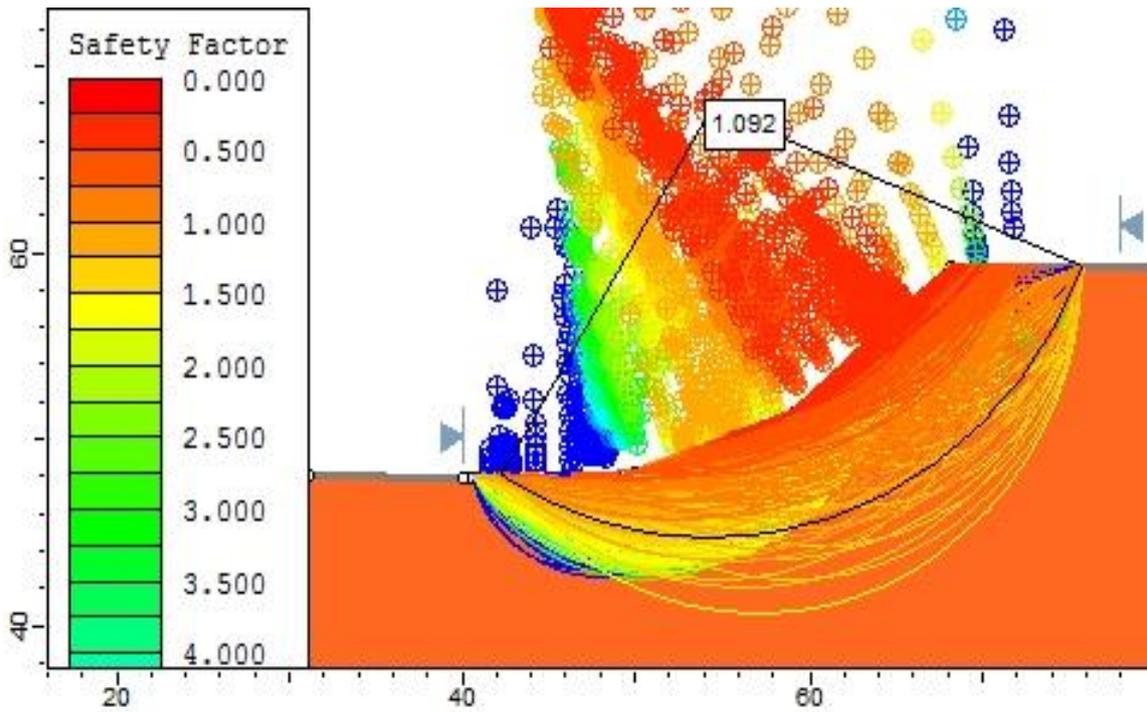


Figura 36. F.S estático por el método de Spencer para cauce con socavación. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

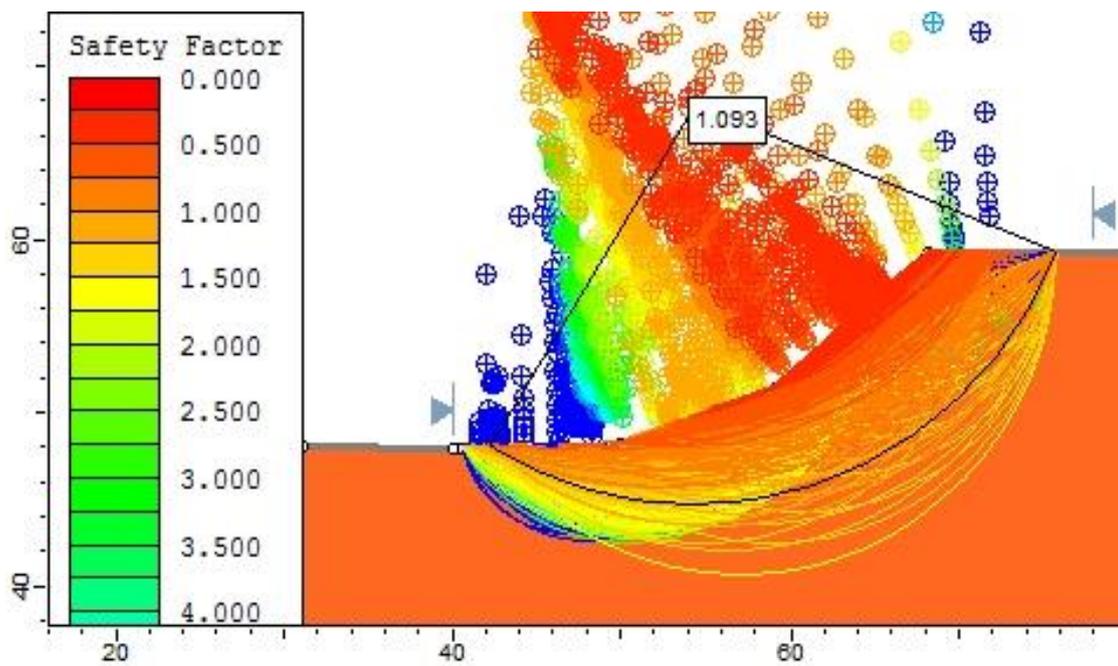


Figura 37. F.S estático por el método de Morgenstern-Price para cauce sin socavación. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

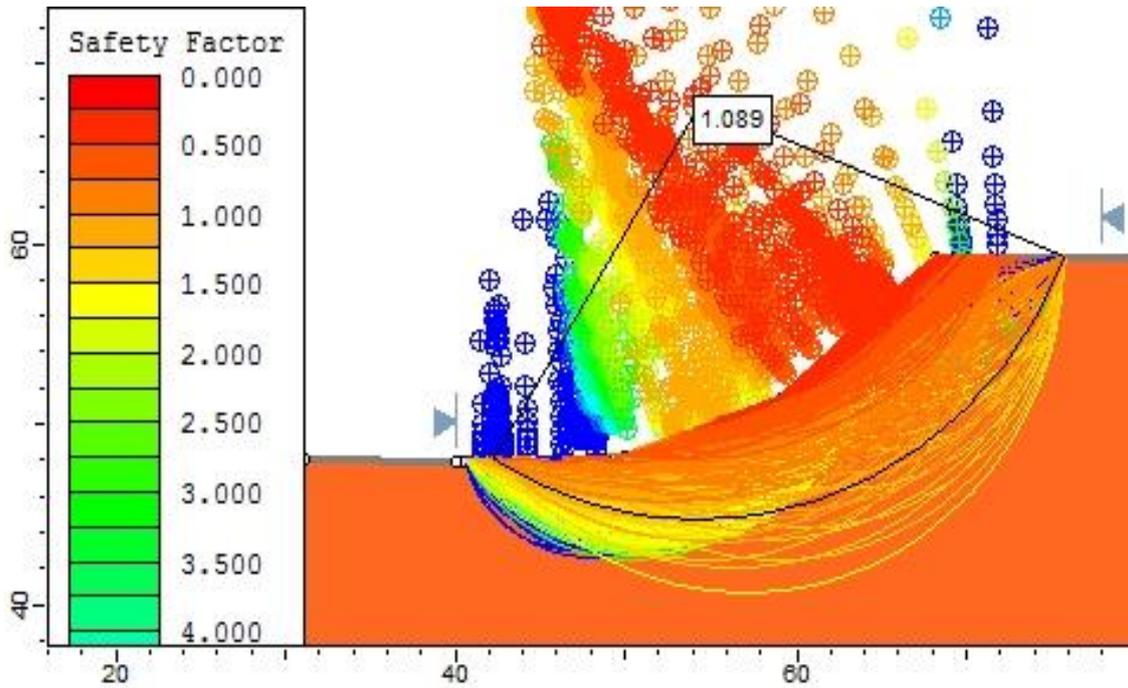


Figura 38. F.S estático por el método de Bishop simplificado para cauce sin socavación.
(Fuente: Propio Tesista, 2019)

En la Tabla 31, respecto a las Figuras 36, 37 y 38 se observan los factores de seguridad aceptables en estado estático. Se utilizaron tres métodos que son Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price los cuales proporcionan factores de seguridad equivalentes a 1.10 con un radio de análisis de 23.194 m.

La diferencia en los resultados maneja rangos de 0.001 a 0.004.

✓ **Estabilidad global pseudoestática en la ribera**

Para tener la isoaceleración de diseño, el cual será aplicado en la estabilidad de la ribera se obtiene mediante fórmulas empíricas o de forma aplicada por medio de mapas dados por instituciones como el Cismid. La Figura 39, muestra estas isoaceleraciones en función a la región o zona de estudio, por nuestra parte el lugar de investigación se sitúa en gran parte de la costa por lo que se extrae una isoaceleración de 0.45 g.

Además basado en criterios internacionales de la AASHTO y la FHWA mencionan que se debe de multiplicar por 1/2 o 1/3 el resultado anterior. A criterio se opta por utilizar 1/2 de esta forma se obtiene:

$$A_d = 1/2 * 0.45 = 0.225 \text{ g}$$

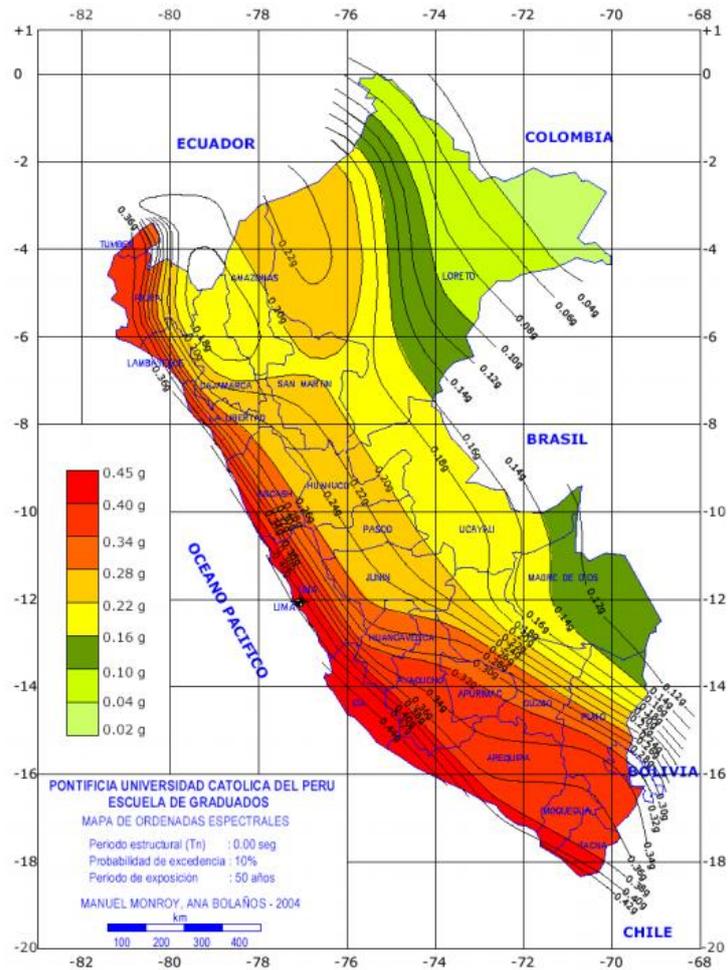


Figura 39. Mapa de isoaceleraciones sísmicas. (Fuente: Cismid, 2014)

Estabilidad global pseudoestático para cauce sin socavación

Tabla 32. Valores de FS pseudoestático obtenidos para cauce sin socavación

| Valores del análisis pseudoestático | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|
| Método | Factor de seguridad | Radio (m) |
| Spencer | 0.924 | 21.195 |
| Morgenstern-Price | 0.925 | 21.195 |
| Bishop simplificado | 0.898 | 21.195 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

En la Tabla 32, respecto a las Figuras 40, 41 y 42 se observan los factores de seguridad aceptables en estado estático. Se utilizaron tres métodos que son Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price los cuales proporcionan factores de seguridad equivalentes a 0.93 con un radio de análisis de 21.195 m.

La diferencia en los resultados maneja rangos de 0.001 a 0.027.

A continuación, se muestran los siguientes gráficos, donde se representa la simulación y factores de seguridad obtenidos:

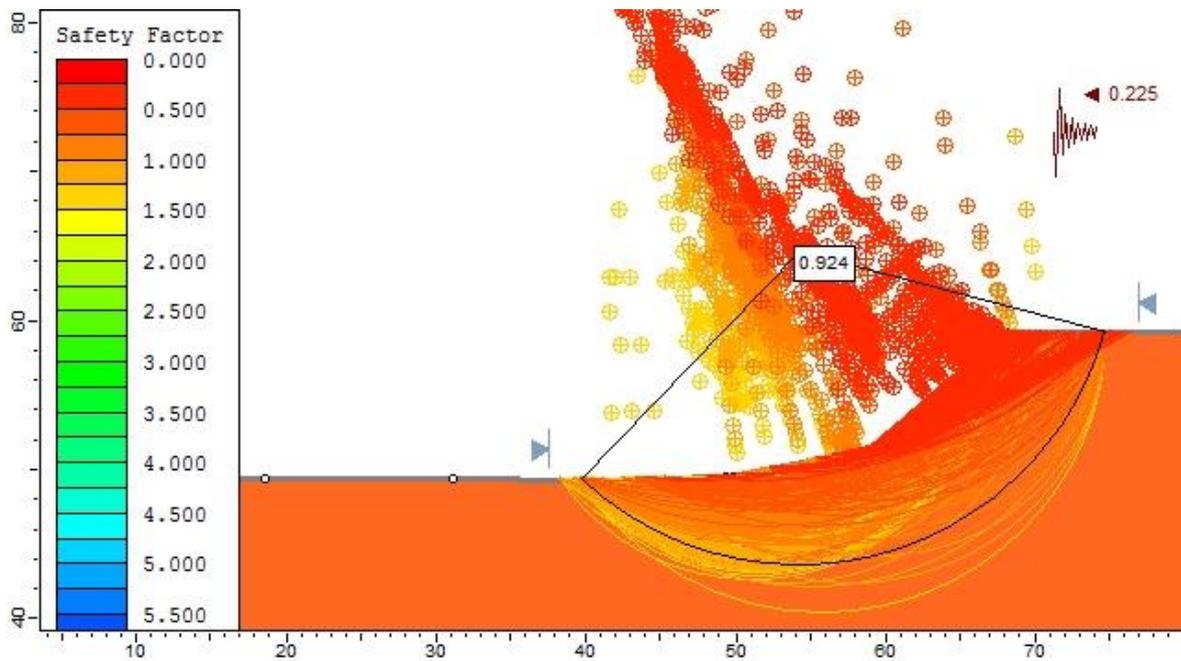


Figura 40. F.S pseudoestatico por el método de Spencer para cauce sin socavación.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

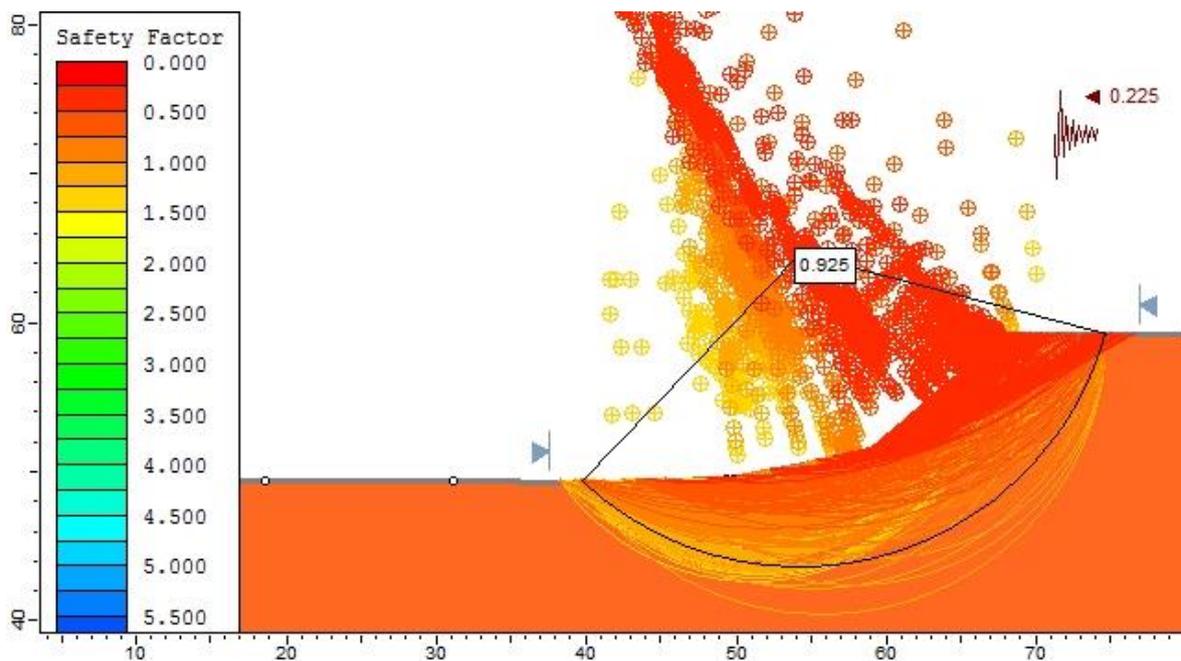


Figura 41. F.S pseudoestatico por el método de Morgenstern-Price para cauce sin socavación. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

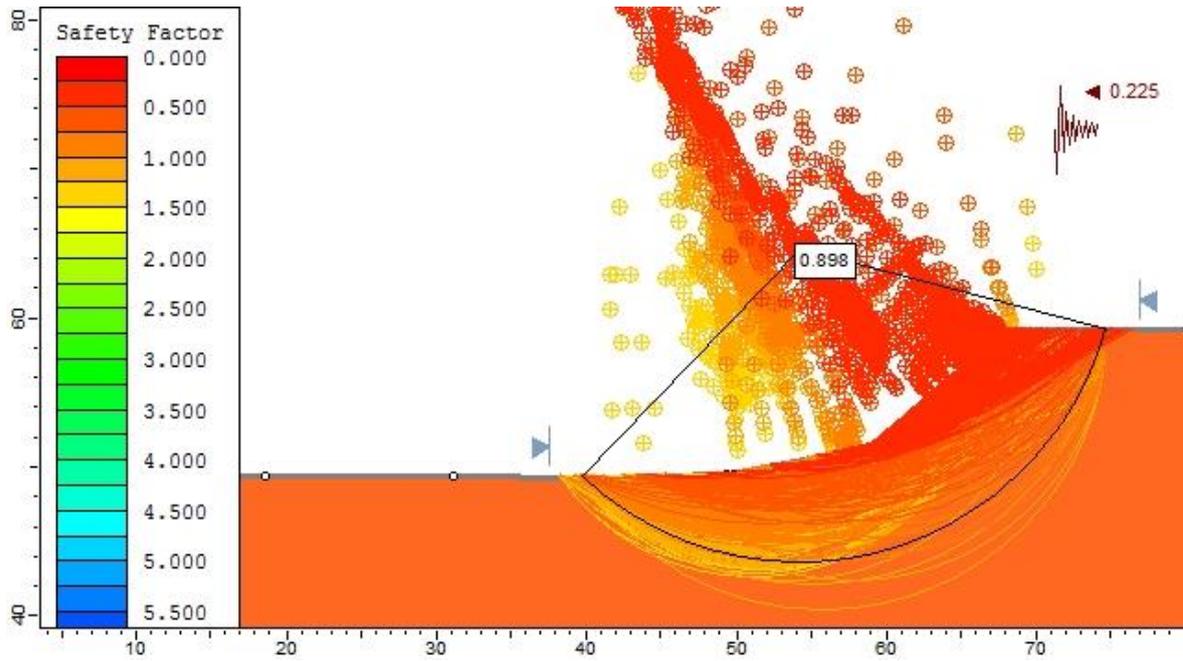


Figura 42. F.S pseudoestatico por el método de Bishop para cauce sin socavación.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

Estabilidad global pseudoestatico para cauce con socavación

Tabla 33. Valores de FS pseudoestatico obtenidos para cauce con socavación

| Valores del análisis pseudoestático | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|
| Método | Factor de seguridad | Radio (m) |
| Spencer | 0.809 | 21.155 |
| Morgenstern-Price | 0.810 | 21.155 |
| Bishop simplificado | 0.783 | 21.155 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

En la Tabla 33, respecto a las Figuras 43, 44 y 45 se observan los factores de seguridad aceptables en estado estático. Se utilizaron tres métodos que son Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price los cuales proporcionan factores de seguridad equivalentes a 0.81 con un radio de análisis de 21.155 m.

La diferencia en los resultados maneja rangos de 0.001 a 0.027.

A continuación, se muestran los siguientes gráficos, donde se representa la simulación y factores de seguridad obtenidos:

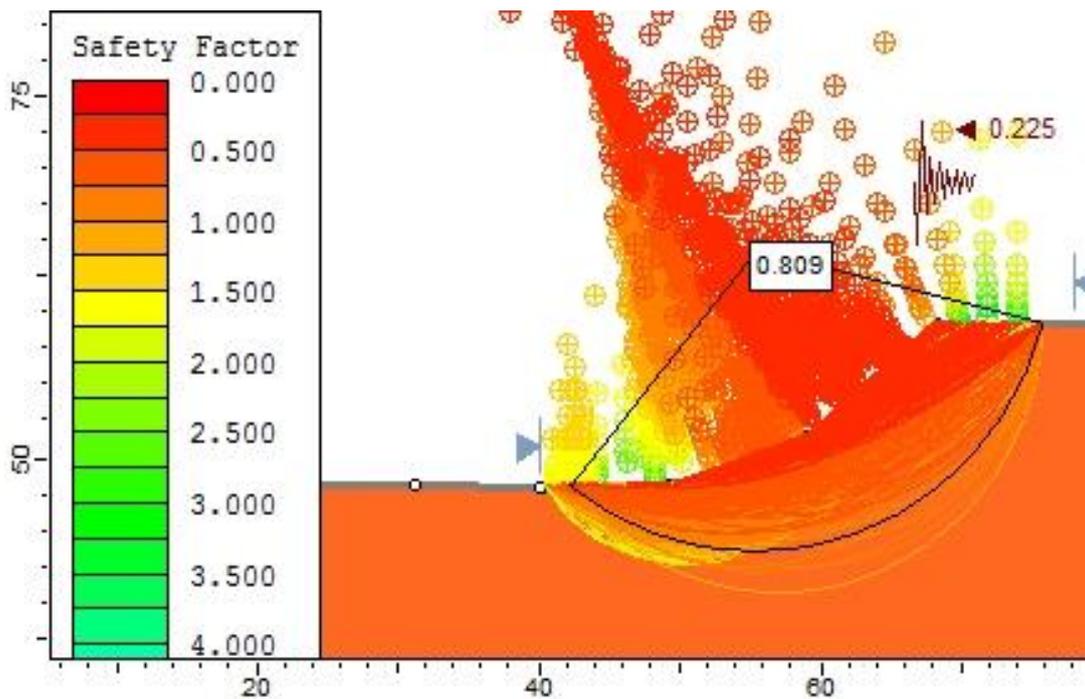


Figura 43. F.S pseudoestatico por el método de Spencer para cauce con socavación.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

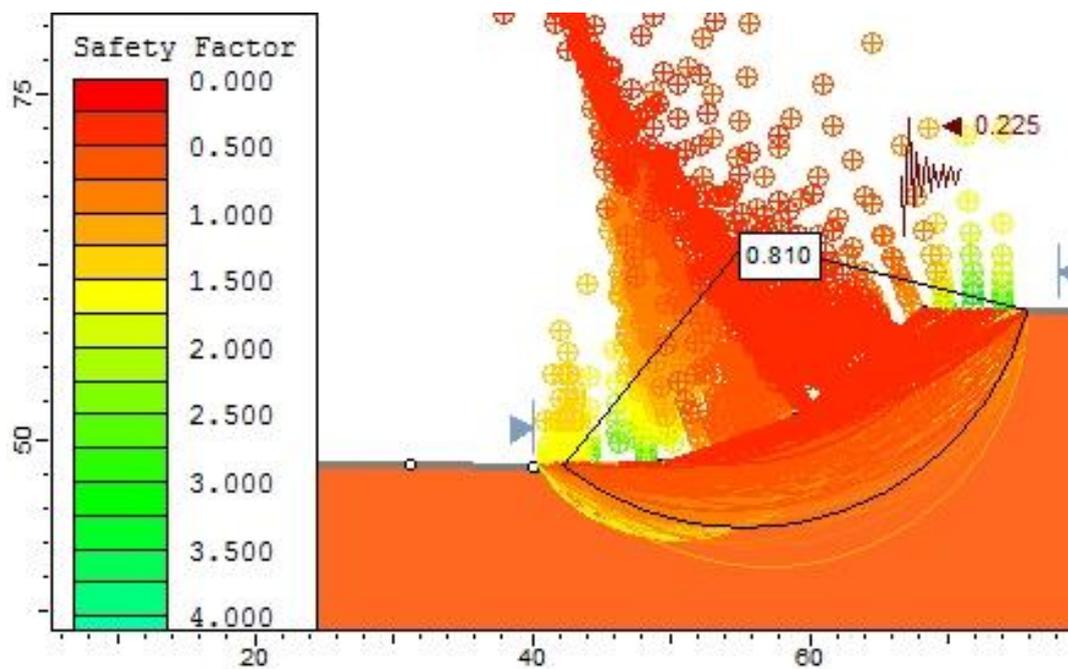


Figura 44. F.S pseudoestatico en el método de Morgenstern-Price para cauce con socavación. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

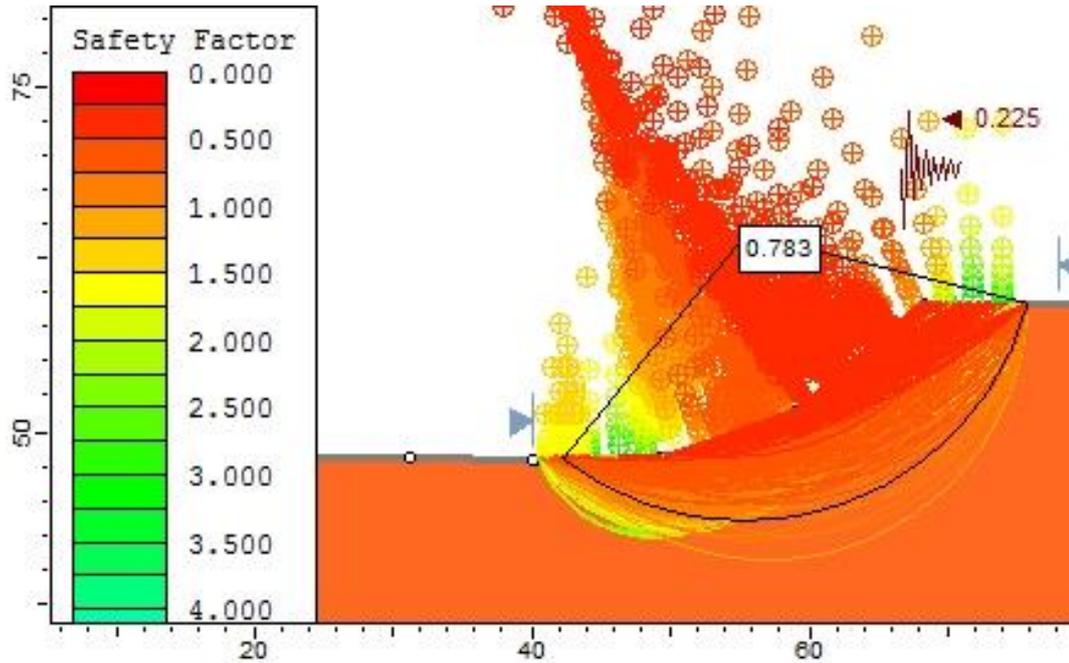


Figura 45. F.S pseudoestatico por el método de Bishop para cauce con socavación.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

✓ **Estabilidad global estática con Geotubos**

Tabla 34. Valores de FS estáticos obtenidos con geotubos

| Valores del análisis pseudoestático | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|
| Método | Factor de seguridad | Radio (m) |
| Spencer | 1.931 | 22.367 |
| Morgenstern-Price | 1.932 | 22.367 |
| Bishop simplificado | 1.935 | 22.367 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

En la Tabla 34, respecto a las Figuras 46, 47 y 48 se observan los factores de seguridad aceptables en estado estático; pues se insertan mecanismos de protección como los geotubos aminorando el efecto de socavación. Se utilizaron tres métodos que son Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price los cuales proporcionan factores de seguridad equivalentes a 1.94 con un radio de análisis de 22.367 m.

La diferencia en los resultados maneja rangos de 0.001 a 0.004.

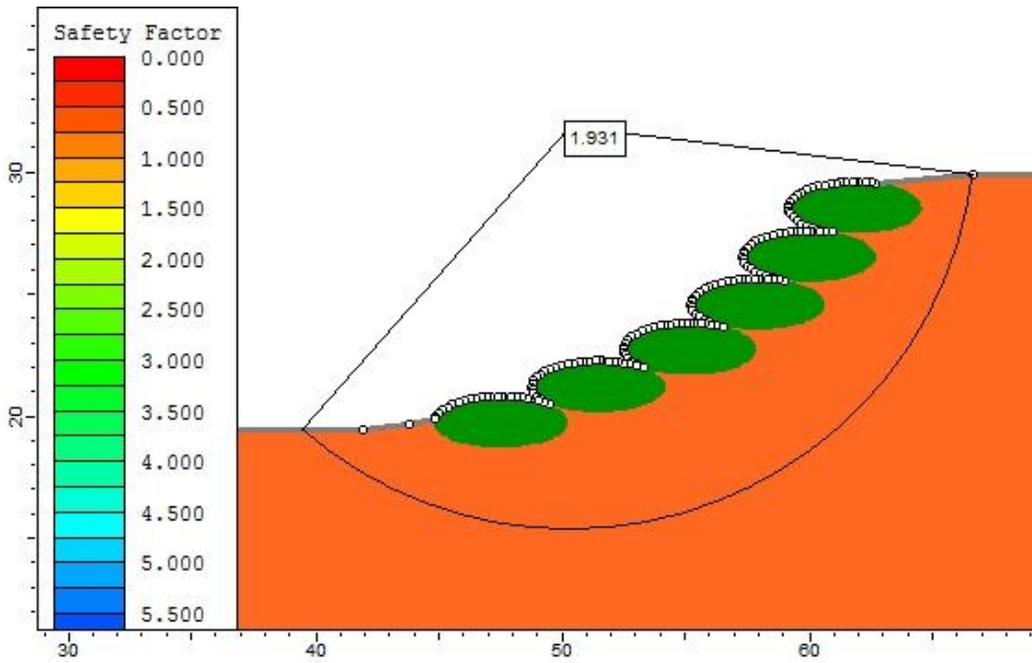


Figura 46. F.S estático por el método de Spencer con geotubo.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

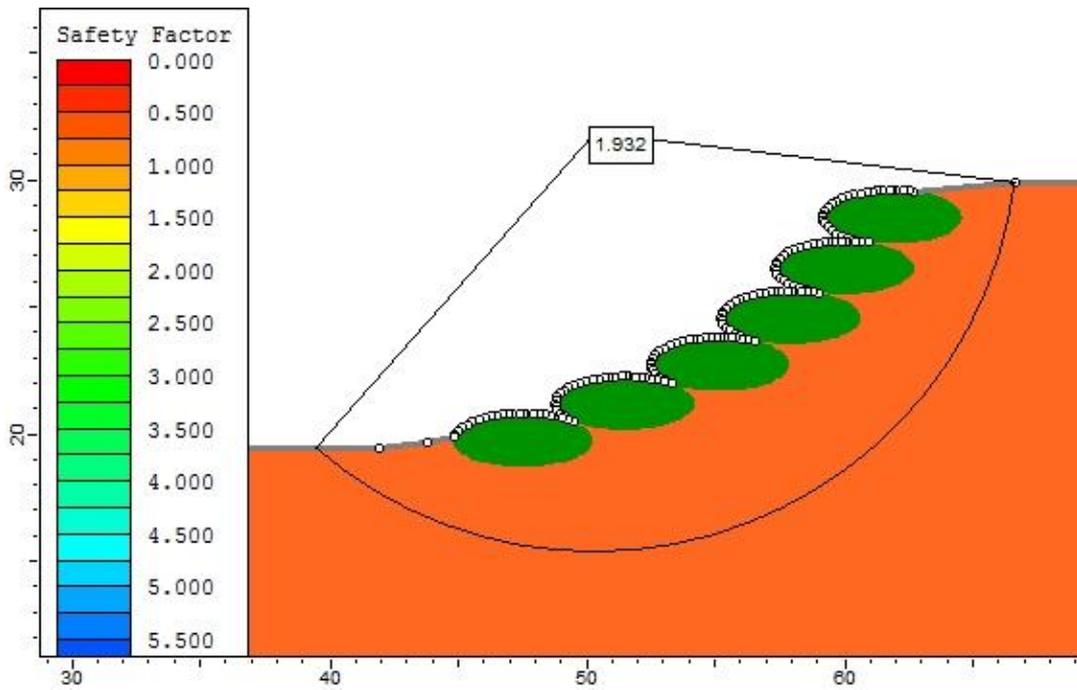


Figura 47. F.S estático por el método de Morgenstern-Price con geotubo.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

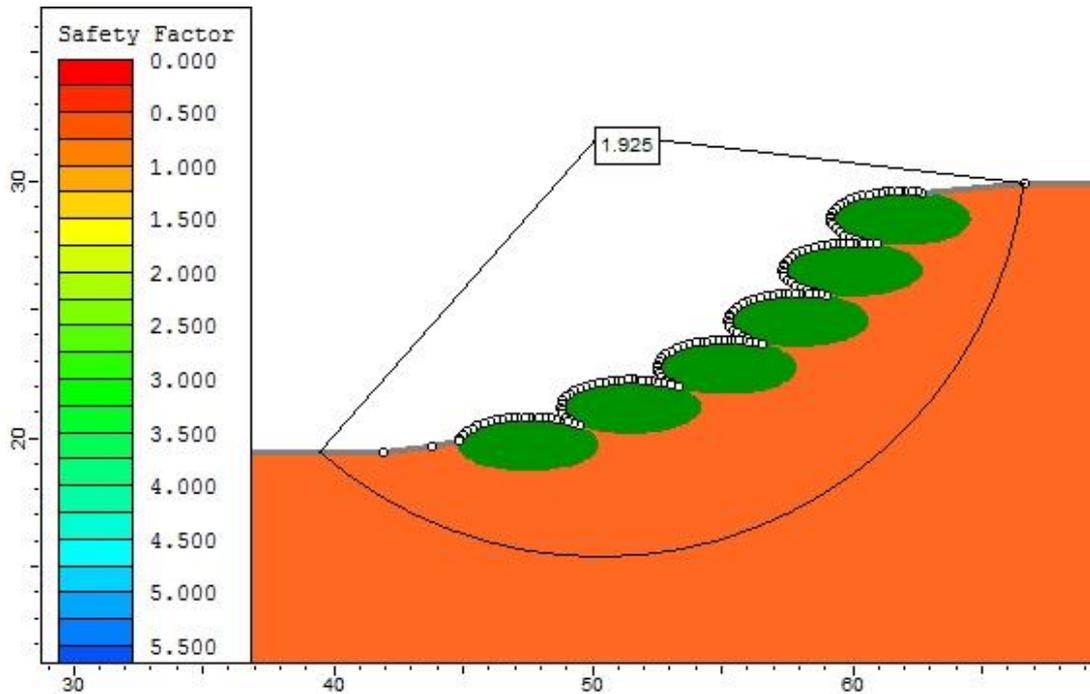


Figura 48. F.S estático por el método de Bishop con geotubo. (Fuente: Propio Tesista, 2019)

✓ **Estabilidad global pseudoestática con Geotubos**

Tabla 35. Valores de FS pseudoestático obtenidos con geotubos

| Valores del análisis pseudoestático | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|
| Método | Factor de seguridad | Radio (m) |
| Spencer | 1.661 | 22.367 |
| Morgenstern-Price | 1.663 | 22.367 |
| Bishop simplificado | 1.652 | 22.367 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

En la Tabla 35, respecto a las Figuras 49, 50 y 51 se observan los factores de seguridad aceptables en estado pseudoestático; pues se insertan mecanismos de protección como los geotubos aminorando el efecto de socavación. Se utilizaron tres métodos que son Spencer, Bishop simplificado y Morgenstern – Price los cuales proporcionan factores de seguridad equivalentes a 1.66 con un radio de análisis de 22.367 m.

La diferencia en los resultados maneja rangos de 0.002 a 0.011.

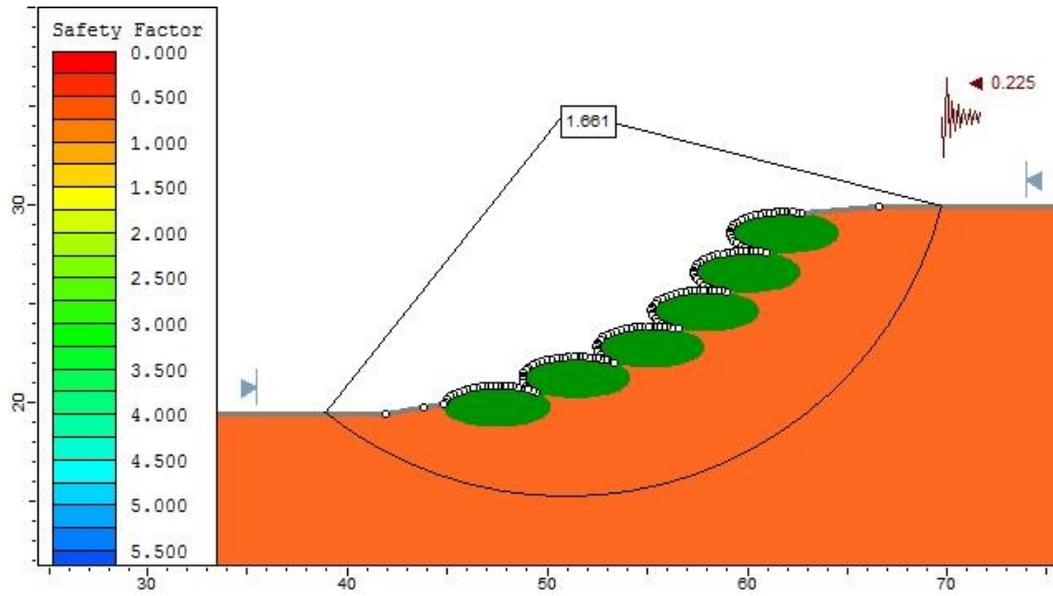


Figura 49. F.S pseudoestatico por el método de Spencer con geotubo.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

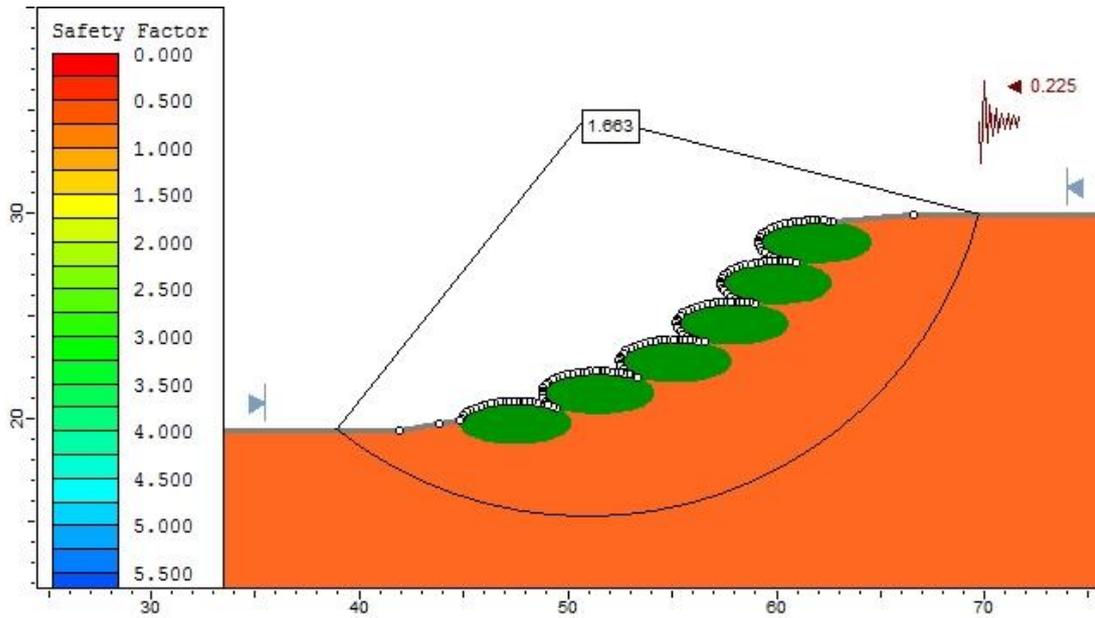


Figura 50. F.S pseudoestatico por el método de Morgenstern-Price con geotubo.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

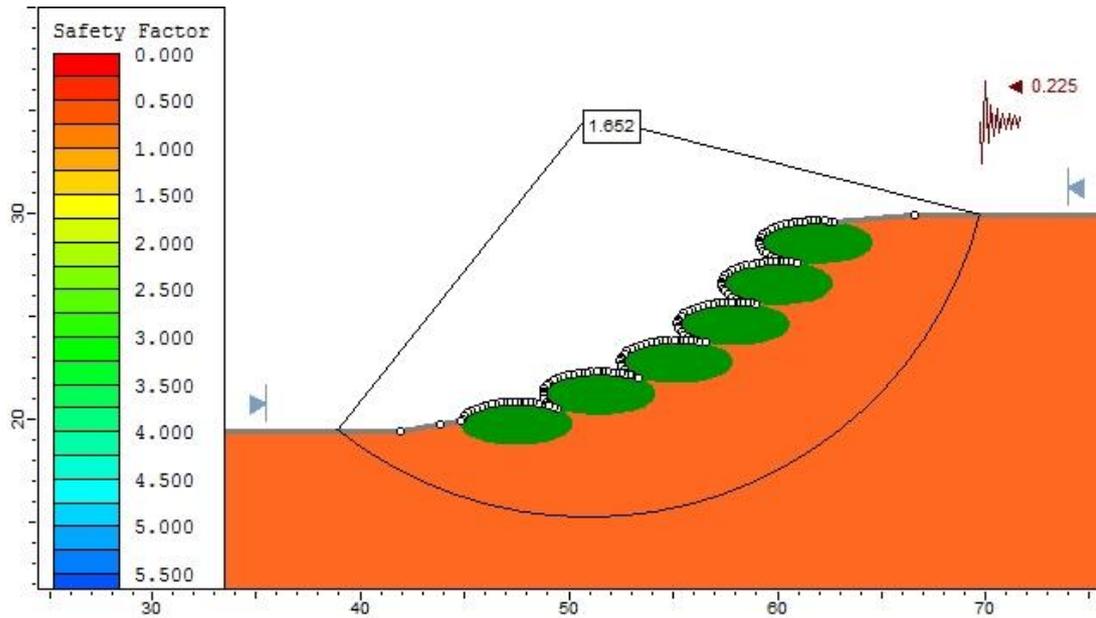


Figura 51. F.S dinámico por el método de Bishop con geotubo.

(Fuente: Propio Tesista, 2019)

Proceso de Colocación del Geotubo

Se procede a describir como se colocará el geotubo tomando como referencia a (Guerra, 2013):

1. Nivelar la zona donde se colocará el material, compactando la zona no sin antes humedecer el suelo. Por lo que en la Figura 52 se observa:



Figura 52. Proceso de compactación. (Fuente: Guerra, 2013)

2. Extensión del manto anti socavación sobre el terreno que se ha compactado mostrado en la Figura 53.



Figura 53. Colocación del manto anti socavación. (Fuente: Guerra, 2013)

3. Se procede a la extensión del geotubo sobre el manto anti socavación
4. Llenar el geotubo mediante unas dragas, por lo que un operario controlará el tema de la altura, la altura aproximadamente sería 2 metros, la cual se observa en la Figura 54.



Figura 54. Proceso de llenado del geotubo. (Fuente: Guerra, 2013)

5. Se cubren los geotubos con la arena de la zona previo estudio como podemos ver en la Figura 55.



Figura 55. Fase del tapado de los geotubos. (Fuente: Guerra, 2013)

6. Finalmente, los geotubos quedan instalados uno seguido del otro en forma lineal como se muestra en la Figura 56, para lo que no se necesitará algún empalme pues han quedado a tope. Repitiendo el proceso para los demás geotubos, teniendo en cuenta que se pueden llenar 2 geotubos por día aproximadamente.



Figura 56. Colocación de geotubos. (Fuente: Guerra, 2013)

Beneficios del Geotubo

- Buena relación en cuanto a costos comparado con otros sistemas.
- Manejabilidad en la operación e instalación.
- Mantenimiento bajo.
- Menor mano de obra.
- Permite la reutilización de los sólidos.
- Excelente velocidad en cuanto contención y deshidratación.
- Reduce la socavación (en nuestro caso a 1.30 m).

Presupuesto Referencial de la instalación del Geotubo

Para la instalación del geotubo se realizó un presupuesto teniendo en cuenta precios aproximados tomados de otros investigadores como es el caso de Guerra (2013), quien realizó la ejecución de este material en la Joya, Cañete. Por otra parte, se tomaron también precios de modelos de presupuestos actuales, los que han sido tomados de revistas. Cabe destacar que hay que tener en cuenta el relleno que se utilizará como relleno, también depende de la tela que se utilizará y esto se definirá en campo viendo los factores que rodean al lugar donde se quisiera realizar la instalación.

En este caso se tomaron en cuenta 3 partidas fundamentales:

Trabajos Preliminares en la cual se tiene la movilización y desmovilización de equipos al lugar del tramo establecido, como también las otras partidas de SS. HH, almacén de obra, limpieza de terreno y plan de seguridad.

Luego tenemos la partida de Instalación de geotubos donde se incluyen algunas sub-partidas entre ellas instalación tanto de mato anti socavación como del geotubo.

Finalmente se estableció como sub-partida la eliminación de material excedente, pues la limpieza es fundamental en todo trabajo.

A continuación, mostramos el presupuesto en la Tabla 36:

Tabla 36. Presupuesto Referencial para instalación del geotubo

PRESUPUESTO : DEFENSA
RIBEREÑA CON GEOTUBOS

PROYECTO: APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACION HIDRICA EN EL RIO RIMAC

UBICACIÓN: PUENTE AV. MORALES DUAREZ- PUENTE RIMAC- CALLAO

| ITEM | PARTIDA | UND | METRADO | PRECIO UNITARIO | PARCIAL S/. |
|-------------|--|-----|---------|-----------------|---------------------|
| 1.00 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | S/ 19,431.92 |
| 1.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | GLB | 1.00 | S/ 9,900.00 | S/ 9,900.00 |
| 1.02 | ALMACEN GENERAL DE OBRA Y OBRA | M2 | 1.00 | S/ 31.92 | S/ 31.92 |
| 1.03 | SS.HH PARA PERSONAL OBRERO | MES | 1.00 | S/ 1,000.00 | S/ 1,000.00 |
| 1.04 | LIMPIEZA DE TERRENO | GLB | 1.00 | S/ 6,000.00 | S/ 6,000.00 |
| 1.05 | PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD | GLB | 1.00 | S/ 2,500.00 | S/ 2,500.00 |
| | | | | | |
| 2.00 | INSTALACION DE GEOSINTETICO | | | | 34,980.29 |
| 2.01 | TRAZO Y REPLANTEO | GLB | 1.00 | S/ 3,200.00 | S/ 3,200.00 |
| 2.02 | NIVELACION Y COMPACTACION DE TERRENO NATURAL | M2 | 1.00 | S/ 7.60 | S/ 7.60 |
| 2.03 | INSTALACION DE MANTO ANTISOCAVACION | UND | 1.00 | S/ 10,600.00 | S/ 10,600.00 |
| 2.04 | INSTALACION DE GEOTUBO | UND | 1.00 | S/ 21,170.00 | S/ 21,170.00 |
| 2.05 | TAPADO DE GEOTUBO | M3 | 1.00 | S/ 2.69 | S/ 2.69 |
| | | | | | |
| 3.00 | TRABAJOS FINALES | | | | S/ 14.36 |
| 3.01 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | M3 | 1.00 | S/ 14.36 | S/ 14.36 |

| | |
|----------------------|------------------|
| COSTO DIRECTO | 54,426.57 |
| G.G. (10%) | 5,442.66 |
| UT. (10%) | 5,442.66 |
| SUB TOTAL | 65,311.88 |
| I.G.V. | 11,756.14 |
| TOTAL | 77,068.02 |

Fuente: Propio Tesista, 2019

Diseño de protección con geotubos

Para la confección de los geotubos se tiene en cuenta las especificaciones técnicas que estas presenten, como también datos de cálculo del pre-dimensionamiento.

Para la obtención de la geometría de los geotubos total se utiliza la ecuación referenciada por Pedocchi (2011), en la que las medidas de dicho material las relaciona con el diámetro por lo que lo podemos observar en la siguiente ecuación:

H = Altura del geotubo (m)

$$H = 0.55 * D$$

$$H = 0.55 * 4 = 2 \text{ m}$$

En el ancho del geotubo podemos decir que se puede pre-dimensionar de la siguiente manera:

$$W = 1.5 * D; W = 1.5 * 4 = 6 \text{ m}$$

Por otra parte, el diámetro se referencia de un artículo publicado por Ten Cate cuyo título lleva por nombre geosystems, en el cual nos describe que el diámetro tomado en uno de sus trabajos es 13 ft equivalente a 4 metros lineales.

Sin embargo, según información recolectada por la empresa SSIBLO S.A.C que es una empresa peruana la mejor forma de saber las medidas a utilizar en el geotubo es haciendo una supervisión del lugar a trabajar.

En función a las especificaciones establecidas por el manual de Geosintéticos Pavco donde nos indica que para obtener el descenso de la altura del geotubo se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Y_s \quad \omega_o = \frac{G_s - \gamma_{slurry} / \gamma_w}{G_s (\gamma_{slurry} / \gamma_w - 1)}$$

$$\omega_f = \frac{G_s - \gamma_{suelo} / \gamma_w}{G_s (\gamma_{suelo} / \gamma_w - 1)}$$

Donde:

| | | |
|-------------------------|---|---|
| ω_o y ω_f | = | Contenido inicial y final de agua del material de llenado |
| G_s | = | Gravedad específica de suelos |
| γ_{soil} | = | Peso unitario del slurry solidificado |
| γ_{slurry} | = | Peso unitario del slurry |
| γ_w | = | Peso unitario del agua |

Por lo que se tiene:

$$\omega_o = \frac{2.7 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} - 2 \frac{\text{Ton}}{3} / 1 \text{ Ton/m}^3}{2.7 \text{ Ton/m}^3 \left(\frac{2 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \text{Ton}}{1 \text{ m}^3} - 1 \right)} = 0.259 \text{ Ton/m}^3$$

$$\omega_f = \frac{2.7 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} - 2 \frac{\text{Ton}}{3} - 1 \text{ Ton/m}^3}{2.7 \text{ Ton/m}^3 \left(\frac{2 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \text{Ton}}{1 \text{ m}^3} - 1 \right)} = 0.154 \text{ Ton/m}^3$$

Después de calcular los valores se obtiene la consolidación de la estructura:

$$\Delta h/h_o = \frac{2.7(0.25 - 0.15)}{1 + 0.25(2.79)}$$

$$\Delta h/h_o = 0.16$$

Teniendo como resultado la pérdida en la altura del geotubo por el asentado del material introducido será:

$$\Delta h = 0.16 * h_o$$

$$\Delta h = 0.32 \text{ m}$$

En la Figura 57 se muestran las especificaciones técnicas de los geotubos:

MacTube® W1 7.10

Tubo Geotextil

Características técnicas

El MacTube® W1 7.10 es fabricado con geotextil tejido producido a través del entrelazamiento de filamentos de polipropileno de alta tenacidad, en ángulos rectos, además de ser inerte a la degradación biológica y resistente a los ataques químicos (álcalis y ácidos). Las bocas de entrada son radiales y cosidos al tubo, facilitando el proceso de llenado. El MacTube® W1 7.10 permite el desague del líquido a través de los poros del geotextil, reteniendo el material sólido en su interior, reduciendo el tenor de humedad y generando una agua clarificada.



Propiedades mecánicas^(A)

| | | | |
|--|------|-------------|-------|
| Resistencia longitudinal a la tracción | kN/m | ASTM D 4595 | 75.0 |
| Elongación longitudinal a la tracción | % | ASTM D 4595 | 20.0 |
| Resistencia transversal a la tracción | kN/m | ASTM D 4595 | 110.0 |
| Elongación transversal a la tracción | % | ASTM D 4595 | 20.0 |
| Resistencia en la costura | kN/m | ASTM D 4884 | 70.1 |
| Resistencia al punzamiento estático | kN | ASTM D 6241 | 9.0 |

Propiedades hidráulicas^(A)

MacTube® W1 7.10

| | | | |
|---------------------------------|------------------|-------------|-------|
| Tasa de flujo | l/m ² | ASTM D 4491 | 900.0 |
| Apertura aparente de filtración | mm | ASTM D 4751 | 0.35 |
| Permisividad | s ⁻¹ | | 0.35 |

Propiedades físicas^(A)

MacTube® W1 7.10

| | | | |
|---|------------------|-------------|---------------|
| Resistencia a los rayos UV (% de resistencia retenida después de 500 horas) | % | ASTM D 4355 | 80.0 |
| Gramaje | g/m ² | ASTM D 5261 | 500.0 |
| Polímero | | | Polipropileno |

Figura 57. Especificaciones Técnicas de un Geotubo. (Fuente: Maccaferri, 2019)

IV. DISCUSIÓN

Primera discusión:

En la actualidad se observa el estado actual del tramo del río que es Puente Morales Duarez-Puente Rímac, el cual está cada vez en estado crítico y eso se pudo corroborar en campo lo cual con mucha más razón influyó para seguir con la investigación, pues se pudo observar como la fuerza del agua está deteriorando al río, lo cual pone vulnerable a los pobladores que habitan entre el límite de la avenida Faucett y Nestor Gambeta. Por lo que se observa una urgencia por construir un sistema que ayude a evitar el tema de la socavación. Estos argumentos también lo explica (Cáceres, 2013, pág. 9), donde indica que, debido a lo observado en la Costa Peruana, es que nace la idea de una posible construcción de alguna estructura para defensa costera, en este caso usar geotextiles, los que serán de mucha ayuda para neutralizar la fuerza del mar y mantener conservada la playa donde tenía la idea de hacer su investigación. Por otra parte, su idea de usar dicho material era de innovar utilizando técnicas innovadoras que son usadas en otros países.

Segunda discusión:

En la realización del análisis de estabilidad se establecen parámetros precisados del lugar a investigar, para este caso se llevaron muestras al laboratorio se realizaron ensayos obteniendo un peso específico de 2.71 Tn/m^3 , una cohesión de 0.00 kg/cm^2 y un ángulo de fricción de 19.8° , dichos datos son fundamentales para poder efectuar los métodos explicados anteriormente. Se obtuvo también la clasificación del suelo siendo esta GP.

Se recuerda que estamos situados en una zona sísmica por lo que el sismo es un parámetro muy relevante, por esta razón se optó por un mecanismo de defensa ribereña como lo es los geotubos, ya que son resistentes y se adaptan en el ambiente. Por otra parte (Guerra, 2013, pg. 45), indican que antes de realizar el proceso de ejecución necesariamente tuvo que mandar a laboratorio sus muestras obteniendo la clasificación y contenido de humedad variables entre 1.9 % valor mínimo y 29.8% valor máximo. Recalcando que su zona de estudio (Cañete) es una zona sísmica donde pueden ocurrir sismos de VIII a IX grados.

Tercera discusión:

En el proceso de calcular la estabilidad de la ribera se llevaron a cabo tres métodos, los cuales son los más conocidos: Spencer, Bishop Simplificado y Morgenstern-Price. Para ello se necesita tener ciertos datos del geotubo como los que son sacados de las especificaciones técnicas, entre ellas el alto, el ancho, peso específico. Estos datos son variables pues las especificaciones técnicas nos ayudan a tener una visión de lo que podemos utilizar, pero lo conveniente sería yendo a campo y ver las circunstancias de la zona donde se quiera utilizar. Ya que el geotubo toma una altura al momento de llenarlo y otra al momento de estar lleno, debiendo así optar por una medida de unos 30 cm más. Por ello (Pedocchi y otros, 2011, pg. 5), indica que es útil tener aproximaciones en cuanto a las medidas del geotubo una vez que esté lleno, por lo que sugiere que las medidas las podamos obtener en base al diámetro: $H \approx 0.55D$, $W \approx 1.5D$, $b \approx D$, $A \approx 0.6D^2$.

Cuarta discusión:

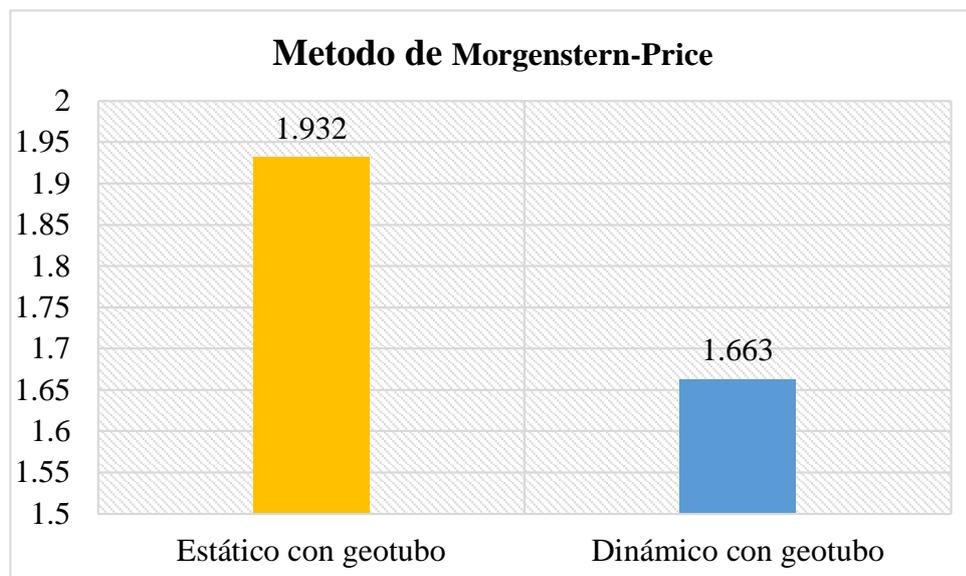
En un periodo de retorno de 140 años se obtuvo un caudal máximo de 311.949 m³/s esto utilizando datos históricos de 44 años de la estación hidrométrica más cercana, se calculó los periodos de retorno tomando como base la vida útil de la obra a realizar mediante la ecuación (1.8) y riesgo de falla, por otra parte, se usó este caudal para verificar y calcular la profundidad de socavación con 1.30 m. Procedimientos similares mencionan (Chico y Tapias, 2014, pg.30), donde enfatizan que dentro de los parámetros fundamentales están los que están relacionados con las olas, principalmente la altura significativa (H_s) la cual se maneja en torno a 1/3 de los registros promedio más representativos de oleaje ($H_{1/3}$), periodo de la ola, el ángulo de aproximación a la costa y el fondo de fluido en el lugar.

No obstante, recalcan que las estructuras costeras se elaboran teniendo en cuenta varios criterios como el desempeño funcional, impacto ambiental, costos, etc. Los cuales ayudaran a evitar futuros daños.

V. CONCLUSIONES

1. El material encontrado en el terreno es una mezcla de relleno de desmontes y material aluvial con un peso específico de 2.71 Tn/m^3 , un ángulo de fricción de 19.8° y la cohesión de 0.00 Kg/cm^2 , según resultados de ensayos efectuados en laboratorio.
2. Se observó que la socavación hídrica influye en la aplicación de geotubos, puesto que mediante los resultados que se obtuvo de cada uno de los parámetros establecidos permitieron aumentar el factor de seguridad calculados en el análisis de estabilidad, aplicados mediante tres métodos que fueron Spencer, Morgenstern-Price y Bishop Simplificado, siendo los más representativos Morgenstern-Price; aumentando de un 1.663 (dinámico con geotubo) a un 1.932 (estático con geotubo), ambos con un radio de 22.367. Por lo que realizo una gráfica comparando los factores en la Tabla 37:

Tabla 37. Comparación de factores de seguridad



Fuente: Propio Tesista, 2019

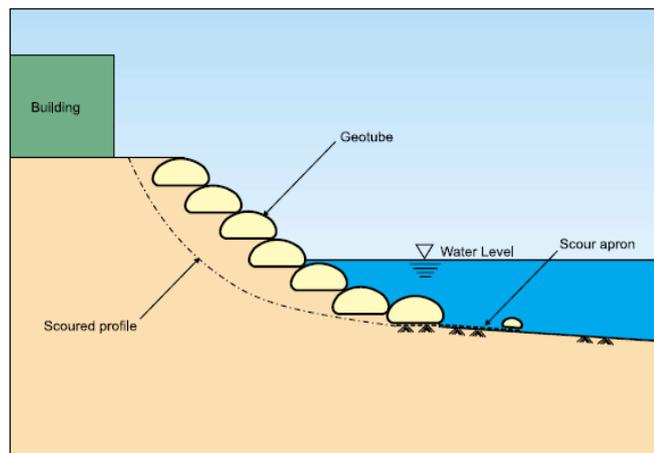
3. Los parámetros hidrológicos inciden en la aplicación del geotubo pues gracias a datos como son el caudal de diseño, periodos de retorno; obtuvimos años de 50, 100 y 140 como máximo, obtenidos de la ecuación que es la siguiente: $R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{40}$ para lo cual tenemos que conocer cuál es el valor de R, acudiendo a la tabla 4 teniendo a 25 en la clasificación de defensas ribereñas y mediante datos de Senamhi un N igual a 44. Y a partir de estos datos podemos empezar a trabajar el tema de modelación, el

cual nos permitirán saber cómo quedará el río en la cantidad de años establecido. En la tabla 3 se muestra algunos datos utilizados:

| TIPO DE OBRA | RIESGO ADMISIBLE (**) (%) |
|---|--------------------------------|
| Puentes (*) | 25 |
| Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes | 30 |
| Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas | 35 |
| Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal) | 40 |
| Subdrenes | 40 |
| Defensas Ribereñas | 25 |

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2002

- La geometría del geotubo interviene en la reducción de la socavación, pues se adapta fácilmente al ambiente para lo cual se tienen medidas como: perímetro 9 mt, altura 1mt, ancho 3.50 mt; perímetro 13.50 mt, altura 1.50 mt, ancho 5.25 mt, etc. De tal manera que colocándolo de manera escalonada generan una barrera ante el posible cauce elevado en el tramo Puente Morales Duarez- Puente Rímac. En la Figura 6 se observa lo mencionado anteriormente:



(Fuente: Ten Cate Nicolon)

- Los parámetros Hidráulicos son otros componentes importantes en el estudio de análisis, pues a partir de estos obtuvimos valores n de 0.043 y 0.039 (calculados por el método de Cowan), los cuales junto a caudales máximos como 275.284, 299.967 y 311.949 nos permiten a partir de una modelación observar el tema del desborde del

rio. Y a partir de esto brindarnos valores como el tirante máximo que es 2.19 m, el cual posteriormente nos permite calcular la socavación, reduciéndola a 1.30 m. Es por ello que inciden en la aplicación del geotubo en el ramo mencionado. En la ecuación 1.10 se observa parte del procedimiento:

$$Hs = \left[\frac{2.42 * 2.19^{\frac{5}{3}}}{0.68 * 1.00 * 1 * 1 * 28.5^{0.28}} \right]^{(1/(1+0.31552595))}$$

$$Hs = 3.47 \text{ m}$$

$$\Delta S = 3.47 - 2.19 = 1.28 \text{ m} \approx 1.30 \text{ m}$$

VI RECOMENDACIONES

1. Si se desearía llevar a una ejecución esta investigación, se recomienda efectuar más calicatas de las que se han aplicado para tener una cantidad certera de muestras que están localizadas en la zona investigada y poder llevar a cabo la protección de las defensas ribereñas. Por otra parte, se debe llevar a cabo supervisiones ambientales en el lugar de estudio por personal asignado de manera que no permitan que combinen restos de residuos, materiales de relleno, etc., los cuales afecten las propiedades del terreno.
2. Es adecuado usar el sistema geotubos pues gracias a las propiedades que presenta sirven como defensa y protección ya que utiliza material del mismo lugar donde se instalaran, beneficiando en temas de costos. Además, es adaptable a los lugares a trabajar. También se debe tener en cuenta que es recomendable hacer los estudios adecuados antes de decidir qué medidas utilizaran, pues los geotubos después de dragarlos tienden a descender cierta cantidad de centímetros, por lo que habría que bombearlos nuevamente.
3. Se debe realizar los ensayos pertinentes de laboratorio, pues como se mencionó los geotubos trabajan con el mismo material del lugar, por lo que habría que ver si esa arena es adecuada para su posterior uso. También hay evaluar que tela se confeccionaran los geotubos, pues dependen de donde se instalaran ya sea playa o río, factores como caudales máximos de avenida, residuos que se desprenden, en este caso el río. Todo esto siguiendo las especificaciones técnicas que las proporcionará el proveedor o encargado del proyecto.
4. Mediante esta investigación se obtuvieron resultados favorables permitiendo conocer un poco más sobre el material que propongo, por lo que se propone dos posibles títulos para investigaciones futuras:

Uso de geobolsas para contrarrestar la erosión costera en el río Rímac, cuyo objetivo sería disminuir la erosión en el río.

También otra investigación podría ser: Análisis para el diseño de geocontenedores en el tramo puente Morales Duarez-Puente Rímac, con el cual se buscaría evitar posibles desbordes del río como también salvaguardar la vida de la población aledaña.

REFERENCIAS

1. ANA. Estudio hidrológico y ubicación de la red de estaciones hidrométricas en la cuenca del río Rímac. [en línea]. Lima, 2010.
Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/5>
2. ANTÓN A.; ALMAZÁN J.; LECHUGA A. and DE LA PEÑA J. Geosystems as an alternative to conventional coastal defense. [online]. February 2015. [Fecha de consulta: june 17, 2019].
Available in:
https://www.researchgate.net/publication/326975112_Geosystems_as_an_alternative_to_conventional_coastal_defense
3. ANTON Camacho, Ana Isabel. Lugares adecuados para la utilización de nuevos materiales y formas con geotextiles en la gestión integral de la zona litoral como protección ambiental. Tesis (Doctor). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
Disponible en: <http://oa.upm.es/39190/>
4. ARES, María Guadalupe y VARNI, Marcelo. ¿Qué es la erosión hídrica y cómo la estudiamos en el IHLLA? [en línea]. Buenos Aires, 2016
Disponible en: <https://www.unicen.edu.ar/content/%C2%BFqu%C3%A9-es-la-erosi%C3%B3n-h%C3%ADdrica-y-c%C3%B3mo-la-estudiamos-en-el-ihlla>
5. ARIAS, Fidas G. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6a ed. Caracas: Editorial Episteme, 2012. 144 pp.
ISBN: 980-07-8529-9
6. BARBOZA Gil, Sebastian. Metodología para calcular la profundidad de socavación general en ríos de montaña (lecho de gravas). Tesis (Magister en Ingeniería – Recursos Hidráulicos). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
7. BEHAR Rivero, Daniel Salomón. Metodología de la investigación. 1era ed. México D.F: Editorial Shalom, 2008. 94 pp.
ISBN: 978-959-212-783-7

8. BORJA Suárez, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [En línea]. Perú, 2016.
Disponible en: <https://unprg.academia.edu/ManuelBorjaSu%C3%A1rez>
9. CÁCERES Pérez, Evert Róger. Estudios para el diseño de geocontenedores de geotextil tejido como aplicación de rompeolas para la formación de playa. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
10. CHANCASANAMPA Pacheco, Paúl. Diseño y aplicación de geotextiles y geomembranas en plantas de tratamiento de aguas residuales. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro, 2013.
11. CHICO Ramírez, Laura Lucia y TAPIAS VARGAS, Yina Marcela. Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera caso de estudio: Estructuras en la línea de costa de Cartagena de Indias. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena, 2014.
Disponible en: <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/handle/11227/1362>
12. ENRIQUEZ Soto, Amador. Modelo de socavación en la base del pilar del puente Mariscal Cáceres. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013.
13. EVANGELISTA Otoyá, Karla Melanie Stefany. Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay – 2017. Tesis (Ingeniera Civil). Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
14. FOWLER J.; STEPHENS T.; SANTIAGO M. and BRUIN P. Amwaj Islands Constructed with Geotubes, Bahrain. Digital article [online]. Netherlands, 2002. [Date of consultation: june 17, 2019]. Available in: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.540.700&rep=rep1&type=pdf>

15. GARAVITO Calle, Julissa Andrea. Planeamiento de la construcción de la defensa ribereña del puente Tahuamanu utilizando geoestructuras - Madre de Dios. Tesis (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

16. GEOSISTEMAS Pavco. Manual de diseño con geosintéticos. 9na ed. Bogotá D.C.: Editorial Norte Grafico, 2012. 474 pp.

17. GIBEAU G.; HEPNER T. WALDINGER R.; ANDREWS J.; SMYTH R. AND GUTIÉRREZ R. Geotubes for Temporary Erosion Control and storm surge protection along the gulf of mexico shoreline of Texas. Digital article [online]. Texas, 2003. [Date of consultation: june 18, 2019]. Available in: http://www.beg.utexas.edu/coastal/presentations_reports/geotubes_temperosion.pdf

18. GUERRA Fernández, Liver Gilmer. Análisis técnico y económico en el control de erosión de riberas empleando geotubos, proyecto La Jolla, Asia, Cañete, Lima. Informe de suficiencia (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

19. HEFFERNAN, Gene. The Successful use of Geotubes for Emergency Solids Handling. Digital article [online]. Queensland, 2014. [Date of consultation: june 19, 2019]. Available in: http://www.wioa.org.au/conference_papers/2014_qld/documents/Gene_Heffernan.pdf

20. HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5a ed. México D.F: McGraw-Hill, 2010. 655 pp.
ISBN: 978-607-15-0291-9

21. HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6a ed. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 632 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0

22. JUAREZ Badillo, Eulalio y RICO Rodríguez, Alonso. Mecánica de suelos: Fundamento de mecánica de suelos. 1er Tomo. México D.F: Editorial Limusa, 2005. 644 pp.

ISBN: 968-18-0069-9

23. JUAREZ Badillo, Eulalio y RICO Rodríguez, Alonso. Mecánica de suelos: Flujo de aguas en suelos. 3er Tomo. México D.F: Editorial Limusa, 1974. 438 pp.
24. KOERNER, Robert. Disigning with geosynthetics. 5th edition. New Jersey: editorial Pearson Prentice Hall, 2005.796 pp.
ISBN: 0-13-145415-3
25. KUMAR Shuklay, SANJAY. And Introduction Geosynthetic Engineering. 4th edition. Australia: Editorial CRC Press, 2016. 466 pp.
ISBN: 978-4987-7809-I
26. MINISTERIO De Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales. Lima, 2016. 1269 pp.
Disponible en: http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
27. MINISTERIO De Transportes Y Comunicaciones. Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje. Lima, 2012. 250 pp.
Disponible en: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
28. PALELLA Stracuzzi, Santa y MARTINS Pestana, Feliberto. Metodología de la investigación. 3era ed. Caracas: Editorial Fedupel, 2012. 285 pp.
ISBN: 980-273-445-4
29. PEDOCCHI, Francisco; MOSQUERA, Rodrigo; TEIXEIRA Luis y GROPOSO, Valentina. Evaluación de la aplicación de contenedores geotextiles a los materiales de dragado de la Bahía de Montevideo. Informe Final por tareas de asesoramiento realizadas por el IMFIA para la Administración Nacional de Puertos. Montevideo, Uruguay: Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental Montevideo, 2011.

30. PILARCZYK, Krystian. Geosynthetics and Geosystems in Coastal Engineering. Digital article [online]. Netherlands, 2000. [Date of consultation: june 17, 2019].
- Available in:
https://www.researchgate.net/publication/245296287_Geosynthetics_and_Geosystems_in_Hydraulic_and_Coastal_Engineering.
31. RAMÍREZ Chumacero, Alejandro. Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en Colán - Piura. Tesis (Ingeniero Civil). Piura, Perú: Universidad de Piura, 2017.
32. Río Rímac: las casas del Callao que también están en riesgo [en línea]. El Comercio.PE.11 de febrero de 2017. [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2018].
Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/rio-rimac-casas-callao-riesgo-164096>
33. RUIZ Bolívar, Carlos. Confiabilidad: Programa Interinstitucional Doctorado en Educación. Artículo digital [en línea]. Octubre 2016, s/n. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://200.11.208.195/blogRedDocente/alexisduran/wp-content/uploads/2015/11/CONFIABILIDAD.pdf>
34. SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidráulica del Perú. [En línea] [Citado el: 28 de septiembre de 2018.].
Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/>.
35. SHABANKAREH O.; KETABDARI M. AND SHABANKAREH M. Environmental Impact of Geotubes and Geotextiles used in Breakwaters and Small Breakwaters Construction (Case Study: Rigoo Public Breakwater in South of Qeshm island - Iran). Digital article [online]. Island, 2017. [Date of consultation: june 19, 2019]. Available in: <http://ijcoe.org/article-1-86-en.pdf>
36. SULAIMAN D.; BACHTIAR H.;TAUFIRQ T. and HERMANTO. Beach Profile Changes Due to Low Crested Breakwaters at Sigandu Beach, Central Java. 8th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2015). Digital article [online]. Indonesia,

2015. Available in:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S187770581501975X?token=AD18AD1358115E7AC4B67FCE7EA91A93697A8DF2EDC58A509D7E3BC62E54F64ECC41739F669DDF0ABA8FC318A3FBB9F7>
37. TAYADE B.; MAHALINGAIAH A.; GOKHALE N. and KUDALE M. Importance of Location & Alignment of Geotextile Tubes for the Coastal Protection Measures. International Conference on water resources, coastal and ocean engineering (ICWRCOE 2015) [online]. India, 2015
 Available in :
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214241X15000279?token=BF7214743BD922E56D7247F7927A377B13327BCCC29CDD77C7C8BE6B742189F9532EB07BD73BEDB7EAC8CF6ED70B020E>
38. TOAPAXI J.; GALIANO L.; CASTRO M.; HIDALGO X. y VALENCIA N. Análisis de la socavación en cauces naturales. Revista Politécnica [en línea]. Febrero 2015, n° 3. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2018].
 Disponible en: <https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/>
39. VALDERRAMA Mendoza, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2da ed. Lima: Editorial San Marcos, 2013. 495 pp.
 ISBN: 978-612-302-878-7
40. WORTELBOER, Rob. Beneficial use of Dredged Sediments Using Geotextile Tube Technology. Digital article [online]. Netherlands, 2014. [Date of consultation: june 18, 2019]. Available in: http://www.dredgdikes.eu/wp-content/uploads/20_Wortelboer_WEB.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA
TÍTULO: APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RÍMAC TRAMO PUENTE AV. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019
AUTOR: JOSE WILFREDO RUIZ CORDOVA

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES E INDICADORES | METODOLOGIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--|-------------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------|--|----------------------|--|-----------------------|---|-----------------------------|--|-----------------------------------|--|
| <p>Problema General</p> <p>¿De qué manera la socavación hídrica influye en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?</p> | <p>Objetivo General</p> <p>Determinar de qué manera la socavación hídrica influye en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | <p>Hipótesis General</p> <p>La socavación hídrica influye en la reducción de la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | <p>Variable 1: Socavación hídrica</p> <table border="1"> <tr> <td>Dimensiones</td> <td>Indicadores</td> </tr> <tr> <td>Parámetros geotécnicos</td> <td>Granulometría</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Corte directo</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Densidad máxima y mínima</td> </tr> <tr> <td>Parámetros hidrológicos</td> <td>Caudal de diseño</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Periodo de retorno</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rugosidad de Manning</td> </tr> </table> | Dimensiones | Indicadores | Parámetros geotécnicos | Granulometría | | Corte directo | | Densidad máxima y mínima | Parámetros hidrológicos | Caudal de diseño | | Periodo de retorno | | Rugosidad de Manning | <p>Diseño: No experimental</p> <p>Este estudio de investigación utiliza el diseño no experimental, ya que no habrá modificación en los resultados de las variables y usa la subdivisión transversal al recolectar datos en un tiempo único.</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Este estudio usa un tipo de investigación aplicado, porque tiene como fin utilizar teorías, fórmulas, entre otros; ya existentes para resolver las problemáticas planteadas.</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Es explicativo porque su finalidad es encontrar relaciones de causa-efecto con el objetivo de conocerlos profundamente.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>El estudio posee un enfoque cuantitativo, ya que recolectaremos datos para poder aprobar las hipótesis propuestas basándose en mediciones numéricas para probar las teorías.</p> <p>Población: La población de estudio es la socavación hídrica del río Rímac cuya longitud de cauce principal tiene 127,02 km con sus respectivas riberas naledañas, las cuales poseen características similares a lo largo de su recorrido.</p> <p>Muestra: La muestra de estudio comprende 3,00 km del río Rímac con sus respectivas riberas, desde el Puente Av. Morales Duarez hasta el Puente Rímac en el distrito Constitucional del Callao.</p> <p>Técnica: Este estudio utiliza la técnica de observación directa, ya que al recoger datos de campo de tendrá una amplia observación de la zona de estudio. Además se usa la técnica de recolección de datos en campo, así como de referencias documentales.</p> <p>Instrumentos: Se utilizará como instrumento fichas de recolección de datos propuesto por el investigador.</p> | | | | |
| Dimensiones | Indicadores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parámetros geotécnicos | Granulometría | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Corte directo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Densidad máxima y mínima | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parámetros hidrológicos | Caudal de diseño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Periodo de retorno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rugosidad de Manning | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Problema Específico</p> <p>¿Cómo influyen los parámetros hidrológicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?</p> | <p>Objetivo Específico</p> <p>• Evaluar cómo influyen los parámetros hidrológicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | <p>Hipótesis Específico</p> <p>Los parámetros hidrológicos influyen en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | <p>Variable 2: Aplicación del geotubo</p> <table border="1"> <tr> <td>Dimensiones</td> <td>Indicadores</td> </tr> <tr> <td>Geometría</td> <td>Altura del geotubo</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ancho del geotubo</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Área transversal del geotubo</td> </tr> <tr> <td>Propiedades técnicas</td> <td>Propiedad mecánica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Propiedad hidráulica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Propiedad de duración</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad</td> <td>Estabilidad estática global</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Estabilidad pseudoestática global</td> </tr> </table> | Dimensiones | Indicadores | Geometría | Altura del geotubo | | Ancho del geotubo | | Área transversal del geotubo | Propiedades técnicas | Propiedad mecánica | | Propiedad hidráulica | | Propiedad de duración | Estabilidad | Estabilidad estática global | | Estabilidad pseudoestática global | |
| Dimensiones | Indicadores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geometría | Altura del geotubo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ancho del geotubo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Área transversal del geotubo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Propiedades técnicas | Propiedad mecánica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Propiedad hidráulica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Propiedad de duración | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estabilidad | Estabilidad estática global | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Estabilidad pseudoestática global | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>¿De qué forma inciden los parámetros hidráulicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?</p> | <p>Determinar en qué forma inciden los parámetros hidráulicos en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | <p>Los parámetros hidráulicos inciden en la aplicación del geotubo en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>¿De qué manera interviene la geometría del geotubo en la reducción de la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019?</p> | <p>Indicar de qué manera la geometría del geotubo reduce la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | <p>La geometría del geotubo interviene en la reducción de la socavación hídrica en el río Rímac tramo Puente Av. Morales Duarez - Puente Rímac, Lima 2019.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Propio Tesisista, 2018

Anexo 2: Fichas de recolección de datos

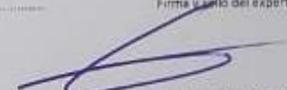
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | PUNTAJACIÓN |
|--|--|---|--|
| PROYECTO: AUTOR: FECHA: | | | |
| I. INFORMACIÓN GENERAL | | | 0 - 0,20 |
| UBICACIÓN: | LONGITUD: | | 0,18 |
| DISTRITO: | LATITUD: | | |
| PROVINCIA: | ALTITUD: | | |
| II. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS | | | 0 - 0,20 |
| GRANULOMETRÍA | PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL (gr/cm ³) | LÍMITES DE CONSISTENCIA | 0,18 |
| CORTE DIRECTO | CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS Y AASHTO) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | |
| DENSIDAD | ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°) | COHESIÓN APARENTE DEL SUELO (kg/cm ²) | |
| III. PARÁMETROS HIDROLÓGICOS | | | 0 - 0,20 |
| CAUDAL DE DISEÑO | CAUDAL MÁXIMO (m ³ /s) | CAUDAL MÍNIMO (m ³ /s) | 0,18 |
| PERIODO DE RETORNO | RIESGO DE FALLA (%) | VIDA ÚTIL DE LA ESTRUCTURA (años) | |
| RUGOSIDAD DE MANNING | RECOMENDACIÓN POR PARTE DE LA MTC | MÉTODO DE COWAN | |
| IV. PARÁMETROS HIDRÁULICOS | | | 0 - 0,20 |
| TIRANTE DE AGUA | TIRANTE MÁXIMO (m) | TIRANTE MÍNIMO (m) | 0,20 |
| VELOCIDAD | VELOCIDAD DEL FLUJO (m/s) | VELOCIDAD EROSIONA (m/s) | |
| RÉGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) | FLUJO SUBCRÍTICO | FLUJO CRÍTICO | |
| V. SOCAVACIÓN HIDRICA | | | 0 - 0,20 |
| PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN | COEFICIENTE DE FRECUENCIA | COEFICIENTE DE SECCIÓN | 0,18 |
| | EXONENTE VARIABLE | FACTOR POR CONTRACCIÓN DEL CAUCE | |
| VI. GEOMETRÍA DEL GEOTUBO | | | 0 - 0,25 |
| ALTURA DEL GEOTUBO | ALTURA MÁXIMA (m) | ALTURA MÍNIMA (m) | 0,20 |
| ANCHO DEL GEOTUBO | ANCHO MÁXIMO ESTABLE (m) | ANCHO MÍNIMO ESTABLE (m) | |
| ÁREA TRANSVERSAL DEL GEOTUBO | ÁREA MÁXIMA TRANSVERSAL (m ²) | ÁREAS DE LAS BOCAS DE ENTRADA (cm ²) | |
| VII. PROPIEDADES TÉCNICAS DEL GEOTUBO | | | 0 - 0,25 |
| PROPIEDAD MECÁNICA | RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TIRA ANCHA (KN/m) | RESISTENCIA AL RASGADO TRAPEZOIDAL (KN) | 0,20 |
| PROPIEDAD HIDRÁULICA | RESISTENCIA DE LAS COSTURAS (KN/m) | RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO (KN) | |
| PROPIEDAD DE DURACIÓN | TAMAÑO DE ABERTURA APARENTE (mm) | TASA DE FUJO (l/min/m ²) | |
| VIII. ESTABILIDAD DEL GEOTUBO | | | 0 - 0,25 |
| ESTABILIDAD PROPIA DE LA ESTRUCTURA | VOLTEO | DESPLAZAMIENTO | 0,20 |
| | CAPACIDAD PORTANTE (kg/cm ²) | | |
| ESTABILIDAD GLOBAL | ESTABILIDAD ESTÁTICA | ESTABILIDAD PSEUDOESTÁTICA | 0 - 0,25 |
| IX. APLICACIÓN DEL DISEÑO DEL GEOTUBO | | | 0,18 |
| APLICACIÓN DEL GEOTUBO: | PROCESO CONSTRUCTIVO | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
| Apellidos y nombres | HUARCAYA SEGOVIA JOSE MANUEL | | |
| Registro CIP N° | 85374 | | |
| Profesión | ING. CIVIL | | |
| Correo | JOURNALING@YAHOO.CS | | |
| celular | 99260020 | | |
| OBSERVACIONES: | | | Firma y sello del experto |
| | | |  JOSE MANUEL HUARCAYA SEGOVIA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 85374 |

Tabla 4. Rangos y magnitudes de confiabilidad

| Rangos | Magnitud |
|-------------|-----------|
| 0,81 a 1,00 | Muy Alta |
| 0,61 a 0,80 | Alta |
| 0,41 a 0,60 | Moderaada |
| 0,21 a 0,40 | Baja |
| 0,01 a 0,20 | Muy Baja |

Fuente: Ruiz, 2002

Anexo 3: Documentos de topografía

N° 122-19

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Equipo: ESTACIÓN TOTAL
Marca: LEICA
Modelo: TS06 PLUS 1" R500
N° Serie: 1384502
Solicitado por: WAMTOP S.A.C.

Especificaciones:

Precisión Angular: 1"

Precisión Lineal: 1.5 mm + 1.5 ppm

RESULTADOS E INCERTIDUMBRE:

Las siguientes medidas angulares son resultado de un promedio de lecturas:

| | Anteojó Directo | Anteojó Invertido | Diferencia |
|--------------------|-----------------|-------------------|------------|
| Lectura Vertical | 90° 00' 00" | 270° 00' 00" | 00" |
| Lectura Horizontal | 0° 00' 00" | 180° 00' 00" | 00" |

EQUIPO PATRON EMPLEADO:

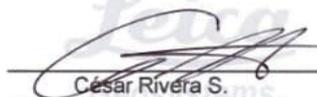
| Equipo | Modelo | Serie |
|-----------------|--------|---------|
| Colimador SOUTH | W420-3 | 0010609 |

El colimador SOUTH es un arreglo de telescopios con retículos enfocados al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de la tolerancia de 01". Equipo revisado periódicamente con una Estación Total LEICA TS15P de precisión 01" serie 1669395.

METODO DE CALIBRACION:

El proceso de medición ha sido realizado conforme al procedimiento DIN18723 (ISO 12857). La calibración se ha realizado en nuestras instalaciones, teniendo en cuenta una temperatura de 23 °C ± 1 °C. Consiste en determinar el cierre angular simulado por el sistema, cuando el colimador se encuentra enfocado a infinito.

TOPOCAD SERVICIOS GENERALES E.I.R.L. en su calidad de Servicio Técnico, certifica que este instrumento ha sido verificado y cumple con las especificaciones que el fabricante determina para el modelo de equipo a que corresponde.


César Rivera S.
Supervisor de Servicio Técnico

Fecha de emisión
24 de Abril del 2019

Fecha de vencimiento
24 de Octubre del 2019

Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

Correo: serviciotecnico@topocadsg.com
CEL: 991399594 - 958331973
Oficina: Jr. Puerto Esperanza 520 – San Martín de Porres - Lima



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
 AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO
 LIMA - LIMA
 TELEFONO : 226-7067

EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE

Horario de Atención: Lunes a Viernes 08:30 am - 04:40 pm

| |
|---------------------------|
| BOLETA ELECTRONICA |
| RUC :20301053623 |
| B001-001744 |

| Datos de Cliente | | | Datos de la Factura | | |
|---|----------------------------|---|---------------------|------------|----------|
| Cliente : | RUIZ CORDOVA JOSE WILFREDO | | Fecha de Emision | 12 Abril | 2019 |
| Direccion : | m a l 9 ah 12 de octubre | | N° Interno : | 0000000667 | |
| Dni N° : | 71587298 | | Forma de Pago : | EFECTIVO | |
| | | | Tipo de Moneda : | SOLES | |
| ITEM | CODIGO | DESCRIPCION | CANTIDAD | PRECIO U | SUBTOTAL |
| 01 | B-03-02-00268 | PLANO DE LIMA METROPOLITANA A COLOR PLOTTER: 1/5 000 23-C CALLAO | 1 | 39.30 | 39.30 |
| 02 | B-03-02-00379 | PLANO DE LIMA METROPOLITANA A COLOR PLOTTER: 1/5 000 23-D CARMEN DE LA LEGUA | 1 | 39.30 | 39.30 |
| SETENTA Y OCHO CON 60/100 SOLES | | | | | |
|  <p>Usuario : 71587298 Clave : 0000012186 Ingrese al link http://app.ign.gob.pe/documentoelectronico Vendedor : rojas Cobrado Por : ILEGUIAM Hora Impresion : 02:14:15p.m.</p> | | | OP. GRAVADA : | S/ | 66.61 |
| | | | OP. EXONERADA | S/ | 0.00 |
| | | | OP. INAFECTA : | S/ | 0.00 |
| | | | ISC : | S/ | 0.00 |
| | | | IGV : | S/ | 11.99 |
| | | | OTROS CARGOS | S/ | 0.00 |
| | | | OTROS | S/ | 0.00 |
| IMPORTE TOTAL | S/ | 78.60 | | | |

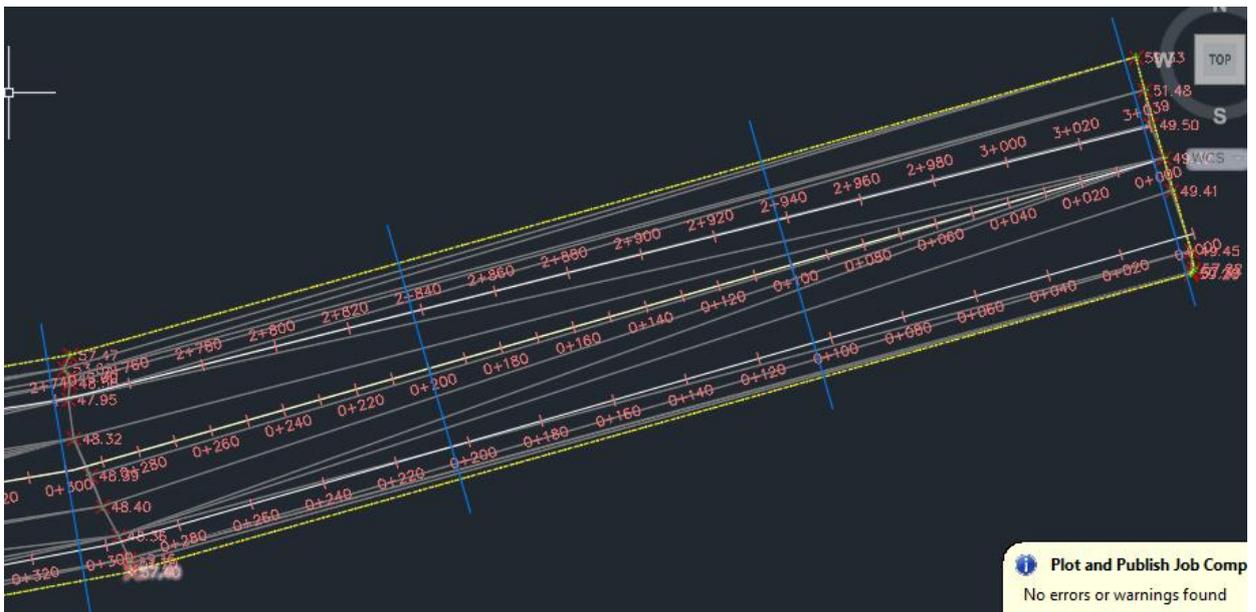
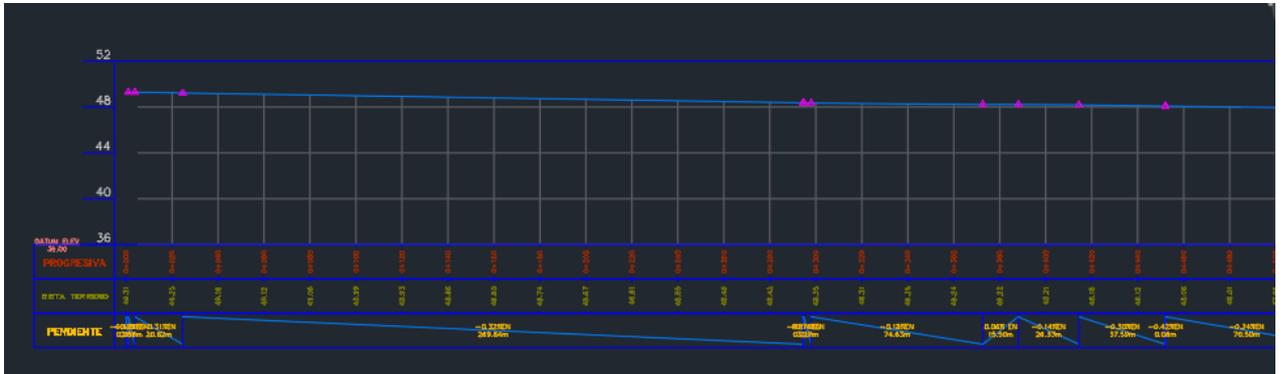
Esta es una representacion impresa

Efectos fiscales al pago

CANCELADO 12 ABR. 2019

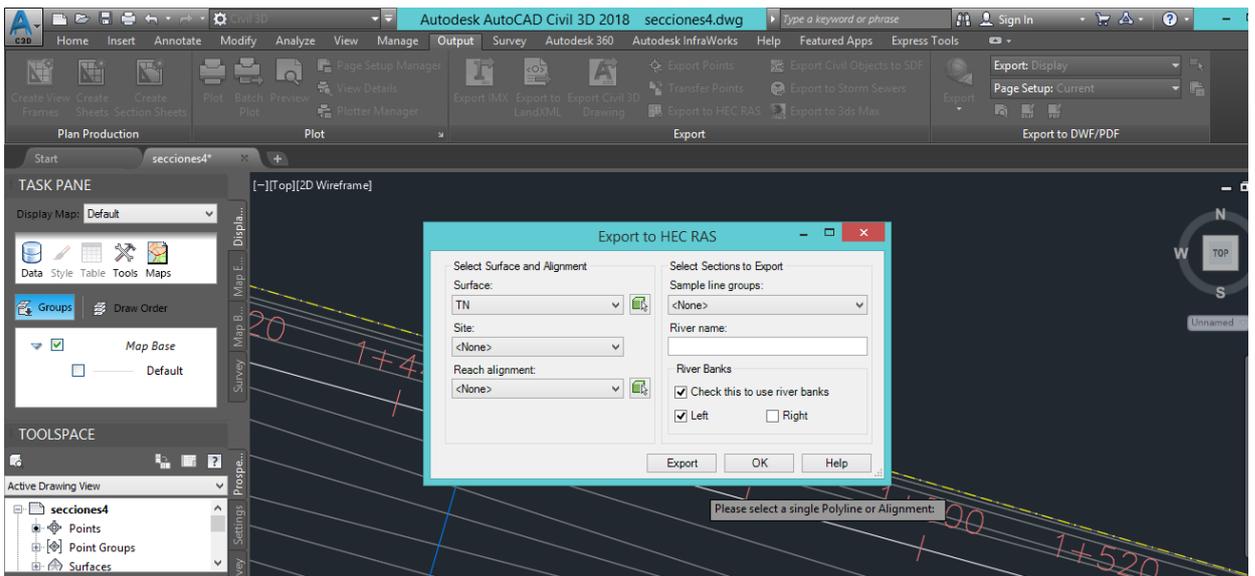
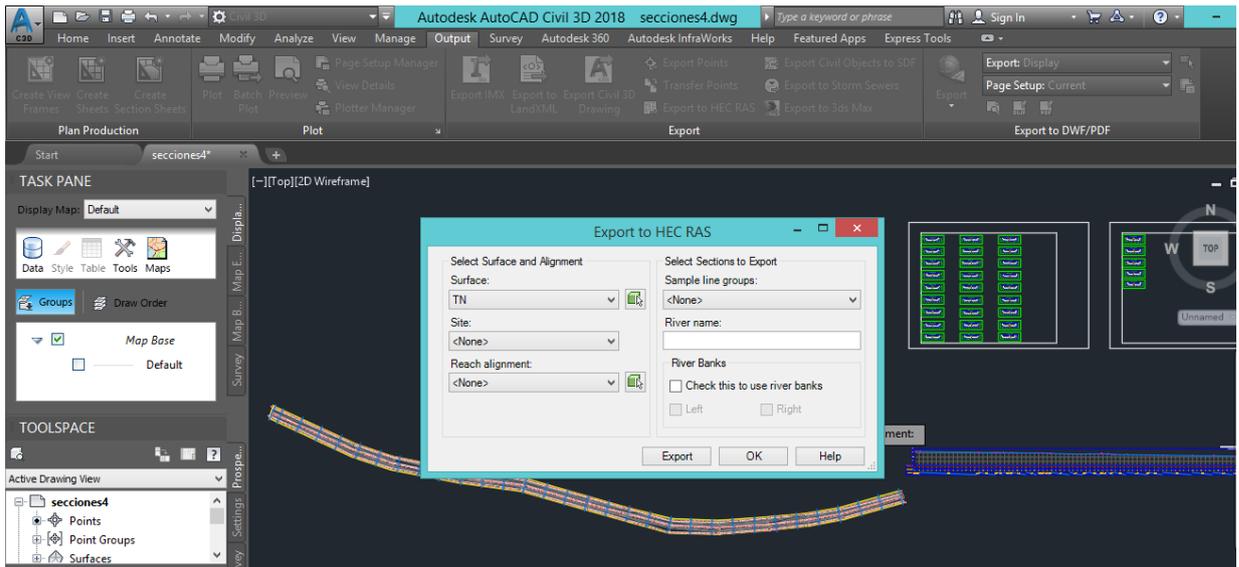
ENTREGADO
 NO SE ACEPTAN CAMBIOS
 NI DEVOLUCIONES

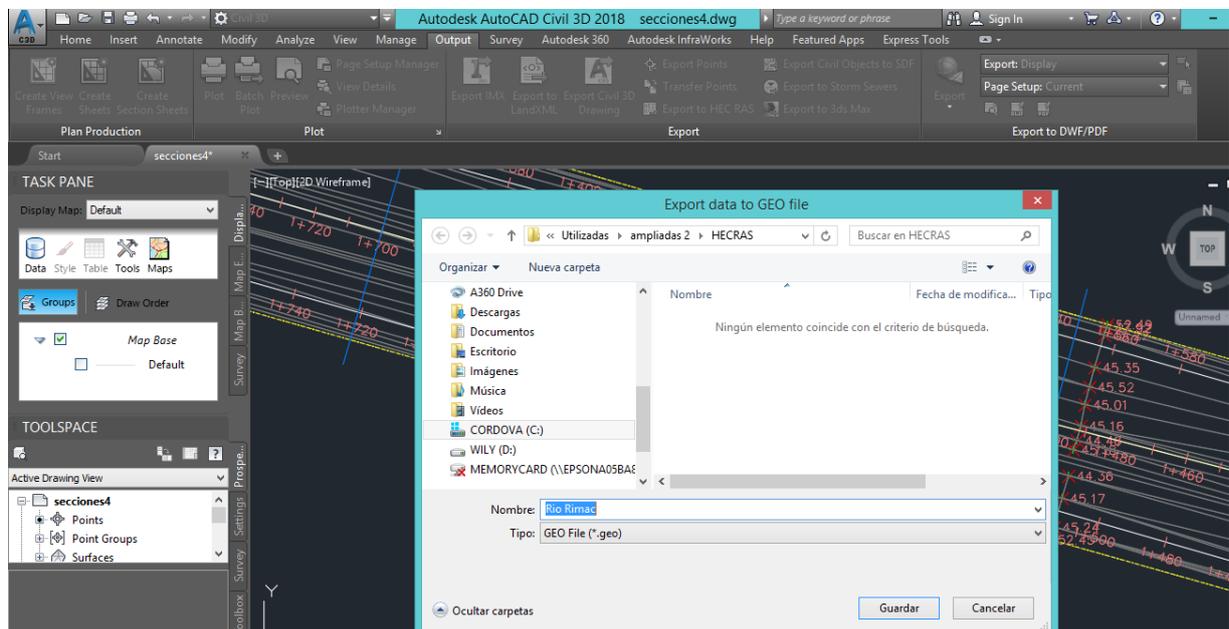
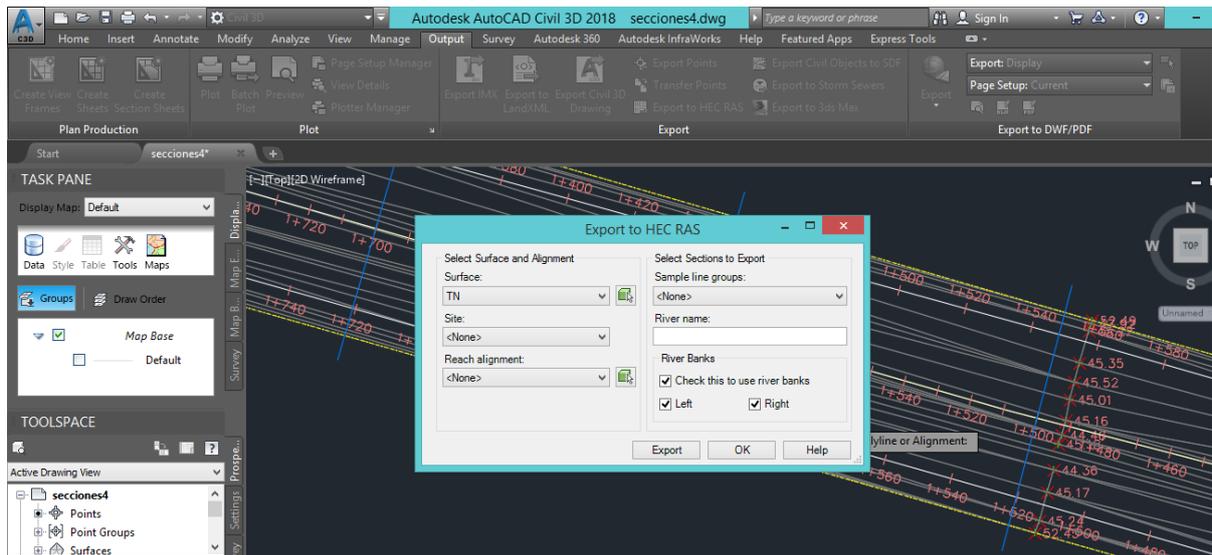
Anexo 4: Curva de nivel y Perfil Longitudinal



Plot and Publish Job Comp
No errors or warnings found

Anexo 5: Importación de curvas de nivel al Hec-Ras





Anexo 6: Resultados de ensayos de laboratorio

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | Código | FOR-LSR-MS-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 2/08/2017 |

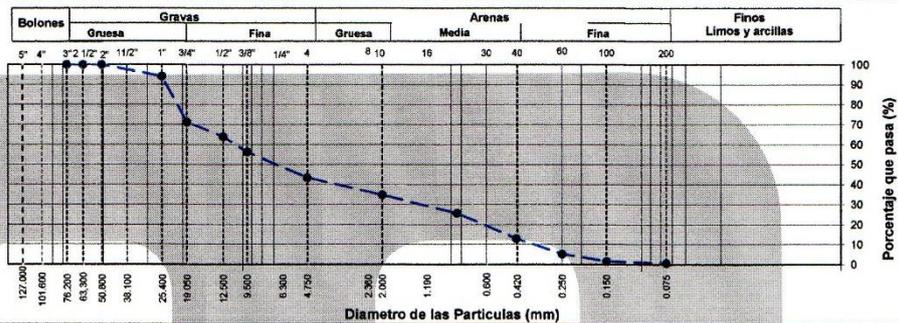
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

CERT. N° 2019-546

| | |
|------------------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de Laboratorio |
| SOLICITANTE | : RUIZ CORDOVA JOSÉ WILFREDO |
| PROYECTO | : *APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RIMAC TRAMO PUENTE Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RIMAC, LIMA 2019* |
| UBICACIÓN | : Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RIMAC, LIMA 2019 |
| CALICATA | : C-01 |
| MUESTRA | : M-01 |
| PROFUNDIDAD | : 0.00 - 2.10 m. |
| Fecha de ensayo: 15/04/2019 | |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------|---------------------|---------------------|----------------|--|
| 5" | 127.000 | 100.0 | / | CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 3.1 LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) N.P Límite Plástico (LP) N.P Índice Plástico (IP) N.P Índice de Consistencia (Ic) -- Índice de Líquidez (IL) -- CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) GP Clasificación AASHTO (D3282) A-1-a (0) Nombre del Grupo Grava pobremente gradada con arena INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C. |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | |
| 1" | 25.400 | 94.2 | | |
| 3/4" | 19.000 | 71.2 | | |
| 1/2" | 12.500 | 63.9 | | |
| 3/8" | 9.500 | 56.2 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 43.3 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 34.7 | | |
| Nº 20 | 0.840 | 25.7 | | |
| Nº 40 | 0.425 | 13.0 | | |
| Nº 60 | 0.250 | 5.2 | | |
| Nº 100 | 0.150 | 1.7 | | |
| Nº 200 | 0.075 | 0.6 | | |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por:  Jefe de Laboratorio | Revisado por:  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 113005 | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD MTC GEOTECNIA SAC |
|--|---|---|

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | Código | FOR-LSR-MS-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 2/08/2017 |

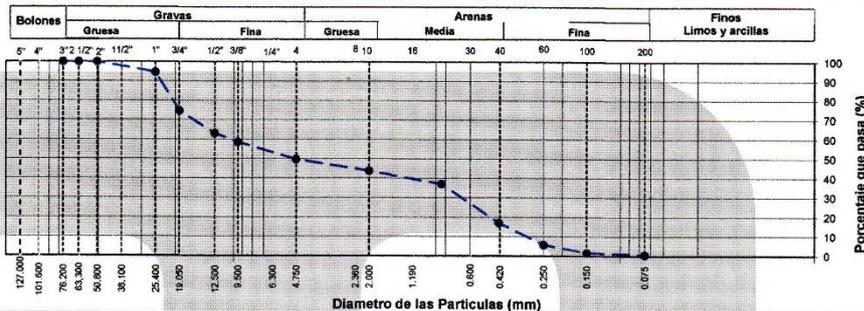
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

CERT. N° 2019-547

| | |
|------------------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de Laboratorio |
| SOLICITANTE | : RUIZ CORDOVA JOSÉ WILFREDO |
| PROYECTO | : *APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RÍMAC TRAMO PUENTE Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019* |
| UBICACIÓN | : Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019 |
| CALICATA | : C-02 |
| MUESTRA | : M-01 |
| PROFUNDIDAD | : 0.00 - 2.00 m. |
| Fecha de ensayo: 15/04/2019 | |

| TAMIZ | AASHTO T-27 | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|--------|-------------|---------------------|----------------|--|------------------------------------|
| | (mm) | | | | |
| 5" | 127.000 | 100.0 | / | CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) | |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | Contenido Humedad (%) | 2.6 |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) | |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 | | Límite Líquido (LL) | N.P |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | Límite Plástico (LP) | N.P |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | Índice Plástico (IP) | N.P |
| 1" | 25.400 | 94.7 | | Índice de Consistencia (Ic) | --- |
| 3/4" | 19.000 | 74.8 | | Índice de Liquidez (IL) | --- |
| 1/2" | 12.500 | 83.1 | | CLASIFICACIÓN DE SUELOS | |
| 3/8" | 9.500 | 58.5 | | Clasificación SUCS (ASTM D2487) | GP |
| Nº 4 | 4.750 | 49.7 | | Clasificación AASHTO (D3282) | A-1-a (0) |
| Nº 10 | 2.000 | 43.6 | | Nombre del Grupo | Grava pobremente gradada con arena |
| Nº 20 | 0.840 | 37.1 | | INDICACIONES: | |
| Nº 40 | 0.425 | 17.1 | | El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C. | |
| Nº 60 | 0.250 | 5.8 | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 1.7 | | | |
| Nº 200 | 0.075 | 0.6 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por:  Jefe de Laboratorio | Revisado por:  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS YESSENIA TUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP: 138803 | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|--|---|---|

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | Código | FOR-LSR-MS-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 2/08/2017 |

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

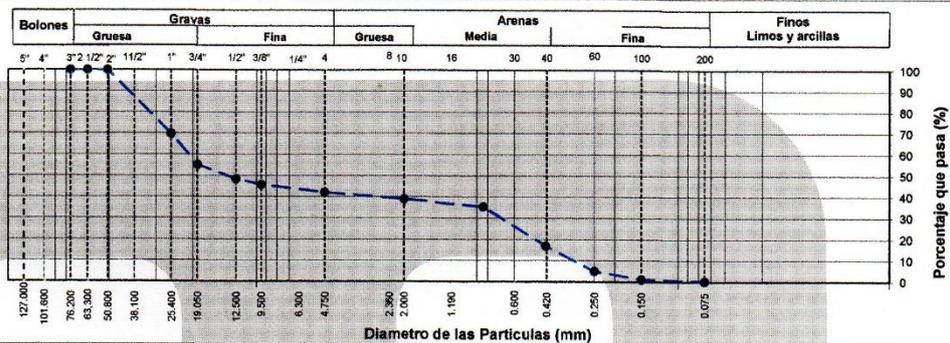
CERT. N° 2019-548

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de Laboratorio |
| SOLICITANTE | : RUIZ CORDOVA JOSÉ WILFREDO |
| PROYECTO | : *APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RIMAC TRAMO PUENTE Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RIMAC, LIMA 2019* |
| UBICACIÓN | : Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019 |
| CALICATA | : C-03 |
| MUESTRA | : M-01 |
| PROFUNDIDAD | : 0.00 - 1.80 m. |

Fecha de ensayo: 15/04/2019

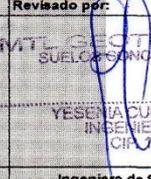
| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|--------|---------------------|---------------------|----------------|--|------------------------------------|
| 5" | 127.000 | 100.0 | / | CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) | |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | Contenido Humedad (%) | 1.8 |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) | |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 | | Límite Líquido (LL) | N.P |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | Límite Plástico (LP) | N.P |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | Índice Plástico (IP) | N.P |
| 1" | 25.400 | 69.8 | | Índice de Consistencia (Ic) | --- |
| 3/4" | 19.000 | 55.2 | | Índice de Líquidez (IL) | --- |
| 1/2" | 12.500 | 48.4 | | CLASIFICACIÓN DE SUELOS | |
| 3/8" | 9.500 | 45.7 | | Clasificación SUCS (ASTM D2487) | GP |
| Nº 4 | 4.750 | 42.0 | | Clasificación AASHTO (D3282) | A-1-a (0) |
| Nº 10 | 2.000 | 38.9 | | Nombre del Grupo | Grava pobremente gradada con arena |
| Nº 20 | 0.840 | 35.4 | | INDICACIONES: | |
| Nº 40 | 0.425 | 17.0 | | El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C. | |
| Nº 60 | 0.250 | 5.1 | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 1.2 | | | |
| Nº 200 | 0.075 | 0.2 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|--|--|--|
| Elaborado por:  Jefe de Laboratorio | Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|--|--|--|

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO | Código | FOR-LSR-MS-015 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2016 |

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

CERT. N° 2019-549

| | | | |
|------------------------|--|--------------|-----------------|
| REFERENCIA | : Datos de Laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : RUIZ CÓRDOVA JOSÉ WILFREDO | | |
| PROYECTO | : "APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RIMAC TRAMO PUENTE Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RIMAC, LIMA 2019" | | |
| UBICACIÓN | : Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RIMAC, LIMA 2019 | | |
| FECHA DE ENSAYO | : 15/04/2019 | | |
| SONDAJE | : C-3 | PROF. | : 0.00 - 1.80 m |
| PROGRESIVA | : - | | |
| MUESTRA | : M-1 | | |

| ESPECIMEN 1 | | | VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min | | | ESPECIMEN 3 | | |
|-----------------|-------|--------------------|----------------------------------|-------|--------------------|-----------------|-------|--------------------|
| Altura Inicial: | 23.9 | mm | Altura Inicial: | 23.9 | mm | Altura Inicial: | 23.9 | mm |
| Lado de caja: | 80.7 | mm | Lado de caja: | 60.7 | mm | Lado de caja: | 60.7 | mm |
| Área Inicial: | 28.9 | cm ² | Área Inicial: | 28.9 | cm ² | Área Inicial: | 28.9 | cm ² |
| Densidad Seca: | 1.667 | gr/cm ³ | Densidad Seca: | 1.667 | gr/cm ³ | Densidad Seca: | 1.670 | gr/cm ³ |
| Humedad Inic.: | 1.8 | % | Humedad Inic.: | 1.8 | % | Humedad Inic.: | 1.9 | % |
| Est. Normal: | 0.51 | kg/cm ² | Est. Normal: | 1.01 | kg/cm ² | Est. Normal: | 2.03 | kg/cm ² |
| Est. Corte: | 0.22 | kg/cm ² | Est. Corte: | 0.42 | kg/cm ² | Est. Corte: | 0.69 | kg/cm ² |

| Deformación horizontal (%) | Esfuerzo de Corte (kg/cm ²) | Esfuerzo Normalizado (t/c) | Deformación horizontal (%) | Esfuerzo de Corte (kg/cm ²) | Esfuerzo Normalizado (t/c) | Deformación horizontal (%) | Esfuerzo de Corte (kg/cm ²) | Esfuerzo Normalizado (t/c) |
|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.41 | 0.04 | 0.11 | 0.41 | 0.08 | 0.10 | 0.41 | 0.25 | 0.16 |
| 0.82 | 0.08 | 0.21 | 0.82 | 0.10 | 0.13 | 0.82 | 0.31 | 0.19 |
| 1.24 | 0.11 | 0.26 | 1.24 | 0.13 | 0.16 | 1.24 | 0.35 | 0.22 |
| 1.65 | 0.12 | 0.29 | 1.65 | 0.15 | 0.18 | 1.65 | 0.39 | 0.24 |
| 2.47 | 0.14 | 0.34 | 2.47 | 0.19 | 0.24 | 2.47 | 0.44 | 0.27 |
| 3.30 | 0.17 | 0.42 | 3.30 | 0.22 | 0.27 | 3.30 | 0.44 | 0.27 |
| 4.12 | 0.19 | 0.47 | 4.12 | 0.23 | 0.28 | 4.12 | 0.47 | 0.28 |
| 4.94 | 0.21 | 0.50 | 4.94 | 0.24 | 0.29 | 4.94 | 0.48 | 0.29 |
| 5.77 | 0.22 | 0.51 | 5.77 | 0.28 | 0.31 | 5.77 | 0.51 | 0.30 |
| 6.59 | 0.22 | 0.51 | 6.59 | 0.28 | 0.31 | 6.59 | 0.53 | 0.31 |
| 7.42 | 0.21 | 0.50 | 7.42 | 0.30 | 0.35 | 7.42 | 0.58 | 0.33 |
| 8.24 | 0.21 | 0.48 | 8.24 | 0.33 | 0.38 | 8.24 | 0.57 | 0.33 |
| 9.06 | 0.20 | 0.47 | 9.06 | 0.39 | 0.44 | 9.06 | 0.57 | 0.33 |
| 9.89 | 0.20 | 0.46 | 9.89 | 0.41 | 0.46 | 9.89 | 0.61 | 0.35 |
| 10.71 | 0.21 | 0.47 | 10.71 | 0.42 | 0.47 | 10.71 | 0.67 | 0.38 |
| 11.54 | 0.20 | 0.44 | 11.54 | 0.41 | 0.46 | 11.54 | 0.69 | 0.39 |
| 12.36 | 0.20 | 0.44 | 12.36 | 0.41 | 0.45 | 12.36 | 0.67 | 0.37 |
| 13.18 | 0.21 | 0.46 | 13.18 | 0.41 | 0.45 | 13.18 | 0.67 | 0.36 |
| 14.01 | 0.22 | 0.47 | 14.01 | 0.41 | 0.45 | 14.01 | 0.66 | 0.36 |
| 14.83 | 0.22 | 0.47 | 14.83 | 0.42 | 0.45 | 14.83 | 0.66 | 0.35 |
| 15.66 | 0.22 | 0.46 | 15.66 | 0.42 | 0.45 | 15.66 | 0.67 | 0.36 |
| 16.48 | 0.22 | 0.46 | 16.48 | 0.42 | 0.44 | 16.48 | 0.68 | 0.35 |

OBSERVACIONES:

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo
Los tres especímenes de ensayo fueron remoldeados con suelo pasante del tamiz N°4 a densidad seca de 1.667 g/cm³
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  |  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|--|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO | Código | FOR-LSR-MS-015 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/08/2016 |

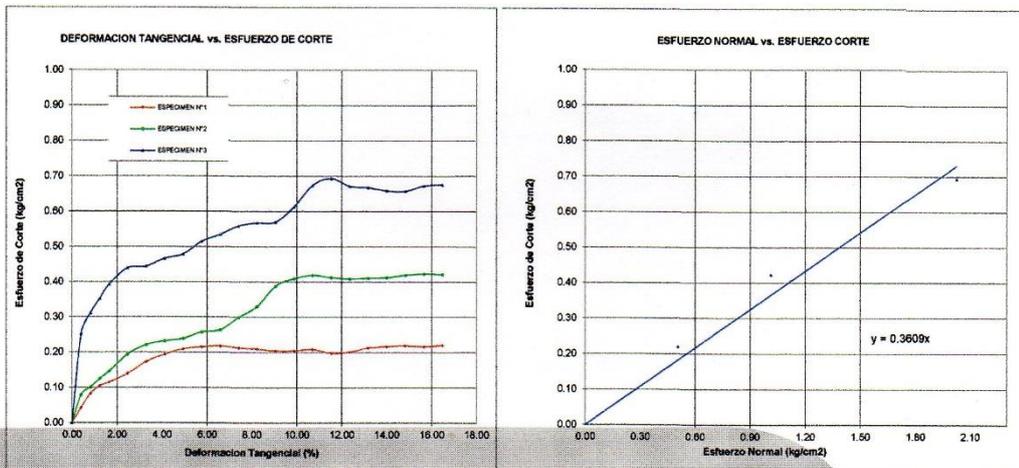
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

CERT. N° 2019-549

| | |
|------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de Laboratorio |
| SOLICITANTE | : RUIZ CORDOVA JOSÉ WILFREDO |
| PROYECTO | : "APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RIMAC TRAMO PUENTE Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019" |
| UBICACIÓN | : Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019 |
| FECHA DE ENSAYO | : 15/04/2019 |
| CALICATA | : C-3 |
| PROGRESIVA | : - |
| MUESTRA | : M-1 |
| | PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.80 m |

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión (c) : 0.00 kg/cm²
 Angulo de fricción (φ) : 19.8°

OBSERVACIONES:

Muestra proporcionada por el solicitante y reducida en laboratorio a tamaño de ensayo
 Los tres especímenes de ensayo fueron remoldeados con suelo pasante del tamiz N°4 a densidad seca de 1.667 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA SAC

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  Jefe de Laboratorio |  Ingeniero de Suelos y Pavimentos |  Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO POR MÉTODO DE CONO DE ARENA DE 12" | Código | FOR-LAB-MS-012 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/08/2016 |

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1556

CERT. N° 2019-550

| | |
|------------------------------------|--|
| REFERENCIA | : Ensayo en laboratorio |
| SOLICITANTE | : RUIZ CORDOVA JOSÉ WILFREDO |
| PROYECTO | : "APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA SOCAVACIÓN HÍDRICA EN EL RÍO RIMAC TRAMO PUENTE Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019" |
| UBICACIÓN | : Av. MORALES DUAREZ - PUENTE RÍMAC, LIMA 2019 |
| SONDEO | : Terreno Natural |
| MUESTRA | Terreno Natural |
| Fecha de ensayo: 16/04/2019 | |

| | | RIO RIMAC | RIO RIMAC | RIO RIMAC | | | |
|-----------------------|--|--------------|--------------|--------------|--|--|--|
| Ubicación | | | | | | | |
| N° de Ensayo | | 01 | 02 | 03 | | | |
| Cota | | --- | --- | --- | | | |
| | | TERRENO NAT. | TERRENO NAT. | TERRENO NAT. | | | |
| Espesor de Capa (mts) | | | | | | | |
| Fecha de Ensayo | | 16-04-19 | 16-04-19 | 16-04-19 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--------|-------|-------|-------|--|--|--|
| 1 | Peso de material + Tara | gr | 28010 | 23850 | 25380 | | | |
| 2 | Peso de la tara | gr | 960 | 960 | 960 | | | |
| 3 | Peso neto del suelo + grava (1-2) | gr | 25050 | 22890 | 24420 | | | |
| 4 | Peso de frasco + arena (antes) | gr | 27562 | 27116 | 27512 | | | |
| 5 | Peso de frasco + arena (después) | gr | 1910 | 2860 | 2224 | | | |
| 6 | Peso de la arena del embudo | gr | 8882 | 8882 | 8882 | | | |
| 7 | Peso neto de la arena empleada (4-5-6) | gr | 16770 | 15374 | 16406 | | | |
| 8 | Densidad de la arena | gr/cm³ | 1.40 | 1.40 | 1.40 | | | |
| 9 | Volumen del hueco (7/8) | cm³ | 11979 | 10981 | 11719 | | | |
| 10 | Peso de la grava (retenido malla 3/4") | gr | --- | --- | --- | | | |
| 11 | Densidad de la grava | gr/cm³ | --- | --- | --- | | | |
| 12 | Volumen de la grava (10/11) | cm³ | --- | --- | --- | | | |
| 13 | Peso del suelo (3-10) | gr | 25050 | 22890 | 24420 | | | |
| 14 | Volumen del suelo (9-12) | cm³ | 11979 | 10981 | 11719 | | | |
| 15 | Densidad del suelo húmedo (13 / 14) | gr/cm³ | 2.09 | 2.08 | 2.08 | | | |
| 16 | Humedad contenida en el suelo | % | 5.0 | 5.2 | 5.4 | | | |
| 17 | Densidad del suelo seco 15 / (1 + 16/100) | gr/cm³ | 1.99 | 1.98 | 1.98 | | | |
| PORCENTAJE DE COMPACTACION | | % | --- | --- | --- | | | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

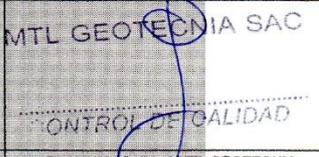
| | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|-----|-----|-----|--|--|--|
| 1 | Porcentaje de Humedad corregida | % | 5.0 | 5.2 | 5.4 | | | |
|---|---------------------------------|---|-----|-----|-----|--|--|--|

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 (C)

| | | |
|------------------------------------|--------|-----|
| MAXIMA DENSIDAD SECA | gr/cm³ | --- |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | % | --- |

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|--|---|
|  Jefe de Laboratorio |  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS |  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|---|--|---|

Anexo 7: Certificados de calibración de las maquinas



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 1507 - 2019

PROFORMA : 0712A

Fecha de emisión : 2019-04-26

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal. La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos, Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Marca : Peru Test S.A.C.
Modelo : PT-CD-500
Serie : 1011
Alcance : 500 kg
Resolución : 0,01 kg
Procedencia : Perú
Identificación : No indica
Ubicación : Laboratorio de Suelos
Fecha de Calibración : 2019-04-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|---------|
| TEMPERATURA | 21,6 °C | 21,6 °C |
| HUMEDAD RELATIVA | 61,0% | 62,0% |

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP :0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 1502 - 2019

PROFORMA : 0712A

Fecha de emisión : 2019 - 04 - 26

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal. La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos, Lima - Lima - San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
Marca : GEMMY INDUSTRIAL CORP
Modelo : YCO-010
N° de Serie : 510847
Tipo de Ventilación : Turbulencia
Procedencia : No Indica
Identificación : No Indica
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : No Indica
Resolución : 0,1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : No Indica
Resolución : 0,1 °C
Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 25
Ubicación¹⁾ : LABORATORIO DE SUELOS

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

CONDICIONES AMBIENTALES

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 21,4 °C | 21,6 °C |
| Humedad Relativa | 59,0 % | 57,9 % |

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Páucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 1505 - 2019

PROFORMA : 0712A

Fecha de emisión : 2019 - 04 - 25

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 204 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
División de Escala (d) : 0,01 g
División de Verificación (e) : 0,01 g
Clase de Exactitud⁽¹⁾ : I
Capacidad Mínima⁽¹⁾ : 1 g
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : No Indica
Intervalo de ΔT Local : 16 °C hasta 30 °C
Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 24
Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

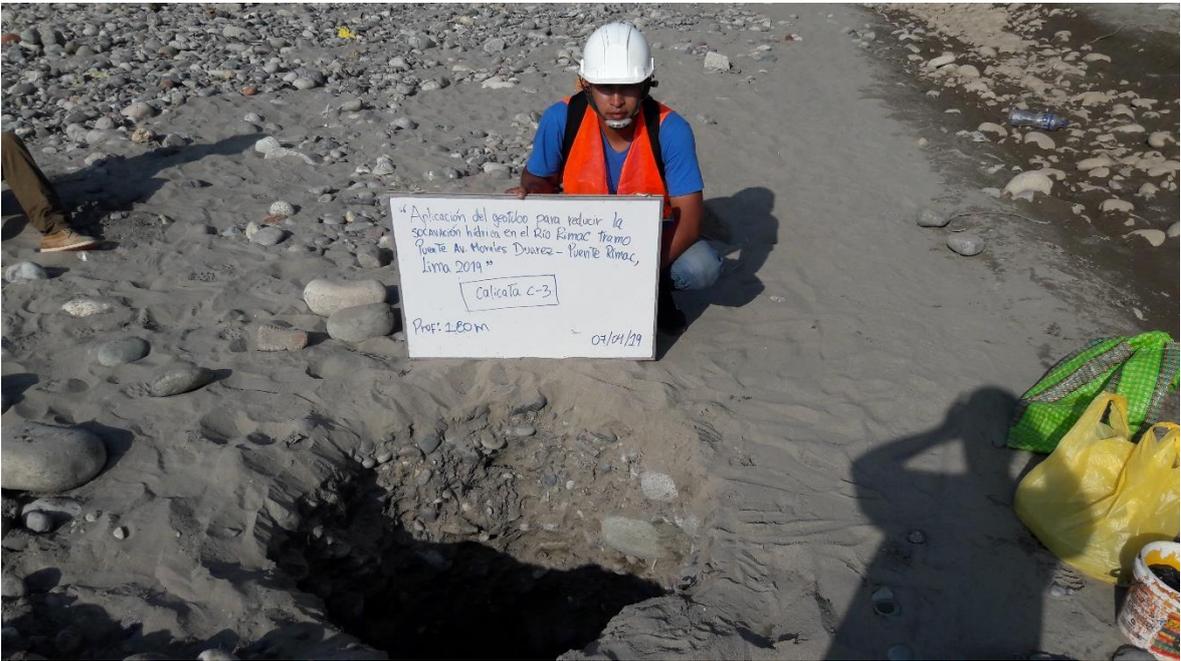
Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r06/Octubre 2017/Rev.01

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

Anexo 8: Panel Fotográfico







Anexo 9: Actas y resultados de turnitin



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

RUIZ CORDOVA, JOSÉ WILFREDO

INFORME TITULADO:

*APLICACIÓN DEL GEOTUBO PARA REDUCIR LA DEMANDA
MÉDICA EN EL RÍO RIMAC TOMO PUENTE AV. MONSIEZ
DUAQUEZ - PUENTE RIMAC, LIMA 2019.*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

09/07/2019

NOTA O MENCIÓN :

15 (QUINCE)



[Handwritten signature]

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

| | | |
|--|---|--------------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN | Código : F06-PP-PR-02.02 |
| | | Versión : 09 |
| | | Fecha : 23-03-2018 |
| | | Página : 1 de 1 |

Yo, Felimon Córdoba Salcedo.....

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) del trabajo de investigación titulada:

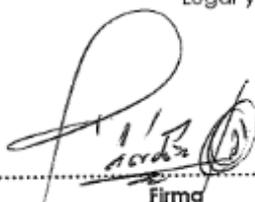
"Aplicación del método para reducir la sedimentación hídrica en el río
Rimac, Tramo Puente Sr. Morales Duran - Puente Ríos, Lima 2014."

Del (de la) estudiante José Ruiz Leónora.....

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha..... 05/07/2019



 Firma
 Nombres y apellidos del (de la) docente:
Felimon Córdoba Salcedo
 DNI: 16647035

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Responsable de SGC | Aprobó | Vicerrectorado de Investigación |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|

| | | |
|--|---|--------------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV | Código : F08-PP-PR-02.02 |
| | | Versión : 09 |
| | | Fecha : 23-03-2018 |
| | | Página : 1 de 1 |

Yo José Wilfredo Ruiz Córdova..... identificado
 con DNI N° 71587298.....

De la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo,
 autorizo (X). No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi
 trabajo de investigación titulado:

"Aplicación del geotexto para reducir la erosión hídrica en el río.....
Riacho Tranco Puente Av. Morales Suarez - Puente Ruíz, Lima 2019.....

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>),
 según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de
 Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

José Wilfredo Ruiz Córdova
 FIRMA
 DNI: 71587298.....
 FECHA: 09 de Julio..... del 2019

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Responsable de SGC | Aprobó | Viceministerio de Investigación |
|---------|----------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|

Resumen de competencias

13%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Handwritten signature



*Aplicación del protocolo para obtener la autorización de la tesis en el caso de tesis de tesis
Av. Marechal Durosoy - Puente Huarco, Lima 2019*

II TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERIA CIVIL

AUTOR

Ricardo, José Ricardo

ASISIR

Dr. Carlos Sánchez, Fátima Domínguez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA - PERÚ

2019

Se está viendo la lista de competencias

No hay temas en inglés (0%)

Competencias

| | | |
|----|----------------------------|-----|
| 1 | Integridad a la carrera | 3% |
| 2 | Capacidad de innovación | 2% |
| 3 | Cyberseguridad informática | 1% |
| 4 | Idioma con fluidez | 1% |
| 5 | Equipo de trabajo | 1% |
| 6 | Empresario | 1% |
| 7 | Exhibición oral | <1% |
| 8 | Emprendimiento | <1% |
| 9 | Investigación científica | <1% |
| 10 | Reportero de noticias | <1% |
| 11 | Diseño de sistemas | <1% |