1. RESUMEN

El presente trabajo investigativo se lo realizó en el Cantón Macará específicamente en el sector donde se emplaza el Canal de Riego Macará en el tramo la Bocana-El Limón, el objeto de realizar un Estudio Geológico-Geotécnico en el Canal de riego Macará es para determinar si el mismo presenta las condiciones geológico-estructurales adecuadas para cumplir su función y facilitar la agricultura y de esta manera impulsar el desarrollo económico del sector.

Previo al desarrollo y ejecución de este trabajo investigativo se procedió a recolección de información bibliográfica general a cerca del Canal de Riego Macará; posterior a esta fase metodológica se inició con la fase de campo, la cual consistió en la ubicación y levantamiento topográfico y geológico del sector de estudio, inventario y caracterización de movimientos en masa, determinación del número y toma de las muestras para ser enviadas al laboratorio con fines geotécnicos y finalmente la estimación del factor de seguridad en taludes que ameriten su análisis.

En base a los resultados obtenidos que se presentan a continuación, se puede indicar técnicamente que el Canal de Riego Macará no presenta las condiciones adecuadas para cumplir con su objetivo el cual, es dotar de agua a todas las parroquias que se encuentran en su recorrido, puesto que en su trayecto presenta pérdidas ocasionadas por la rotura de su infraestructura la cual está afectada por desplazamientos de suelos, cimentaciones inestables y más aún porque el mismo ya cumplió su tiempo de vida útil.

ABSTRACT

This research work was conducted in the Canton Macará specifically in the area where it is located on Canal Irrigation in the stretch Macará Bocana-El Limón, the object of a study on the geological and geotechnical Macará Canal irrigation is to determine if it presents geological-structural conditions appropriate to fulfill its role and facilitate agriculture and thus boost economic development in the sector.

Prior to the development and implementation of this research work proceeded to collect general bibliographic information about Irrigation Canal Macara, after this methodological phase began with the field phase, which consisted of the location and topographic and geological sector study, inventory and characterization of mass movements, determining the number and taking the samples sent to the laboratory for geotechnical purposes and finally estimating the slope safety factor to warrant analysis.

Based on the results presented below, you can indicate that technically Macará Irrigation Canal does not have the right conditions to meet its objective which is to provide water to all parishes that are in its path, since in its route presents breaking losses of infrastructure which is affected by soil movements, unstable foundations and more so because it has already served its useful life.

2. INTRODUCCIÓN

Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta los ramales primarios o secundarios en donde son utilizadas para uso agrícola o industrial. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente diseñadas para no provocar daños al ambiente y para que se aproveche la mayor cantidad de agua posible por hectárea o por persona. Están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen las curvas de nivel, descendiendo suavemente hacia cotas más bajas.

El Canal de Riego Macará, es un importante sistema de riego, específicamente en el Tramo La Bocana – El Limón, porque facilita el riego de terrenos ayudando para el desarrollo de la Agricultura y Ganadería que se desarrolla en el sector, lo que determina la importancia de su operatividad. El mismo al momento de su construcción no conto con los estudios Geológico-Geotécnico para determinar las condiciones del terreno en el que fue construido.

Por esta razón en el presente trabajo investigativo teniendo como base la topografía a detalle, realiza la descripción de la geología existente en el sector, se identifica la presencia de movimientos en masa, así como también se determina las propiedades físico-mecánicas del terreno y se calcula factor de seguridad.

La actividad del Canal de Riego Macará es de aproximadamente 30 años, lo que indica que ya ha cumplido su tiempo de vida útil es por esta razón que presenta serias dificultades, como desbordes de agua y daños en su estructura y cimentaciones. El punto de inicio del canal se encuentra ubicado en la rivera del Río Calvas en el sector La Bocana, la captación al principio se la realizaba directamente del río, pero al presentar daños en la estructura por

rocas y materiales que arrastra el río al momento que se producían las crecentadas, en el año 2010 el Gobierno Provincial de Loja se vio en la necesidad de construir un muro de hormigón armado de 200 metros de longitud y cuatro espigones que ayudan a resistir la presión que el agua ejerce, cuando se producen las crecentadas en la temporada invernal. La longitud de estudio del Canal de Riego Macará es 18 Km de longitud, desde La Bocana hasta El Limón, sectores que perteneciente al Cantón Macará de la Provincia de Loja.

Como se enuncia anteriormente, la importancia del presente trabajo no solo tiene implicaciones técnicas, sino socio-económicas y productivas, por lo cual se han desarrollado objetivos eminentemente prácticos con implicación a la solución de un problema real. En tal virtud, este trabajo plantea los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Realizar un Estudio Geológico – Geotécnico del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.

Objetivos Específicos

- Realizar la base topográfica y el mapeo geológico a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.
- Efectuar un inventario de los Movimientos en Masa a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.
- Determinar las propiedades físico –mecánicas del terreno a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.
- Determinar el factor de seguridad en uno de los Movimientos en masa del canal de Riego Macará, que sirva como modelo para el resto de Movimientos.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. ESTUDIO GEOLÓGICO

Paladines, 2012, manifiesta que el conocimiento de la Tierra es esencial para el desarrollo sostenible y la riqueza de los pueblos. Ecuador es un país montañoso caracterizado por una amplia diversidad de entornos geológicos. Sin embargo, la investigación geológica realizada en nuestro país es pequeña y generalmente ha tenido el carácter de reservado, por lo que no ha podido ser conocida con facilidad.[1]

El análisis de los riesgos de origen geológico tiene también gran incidencia en la población y desarrollo de los pueblos, por esta razón en el presente trabajo investigativo es necesario realizar el estudio geológico, puesto que la geología define las características o propiedades del terreno, la formación geológica a la que pertenece así como también determina la presencia de materiales duros y de baja resistencia, como las discontinuidades que pueden facilitar la ocurrencia de movimientos en masa a lo largo de ciertos planos de debilidad.

- **Formación Geológica**

Las formaciones geológicas, entendidas como unidades litoestratigráficas formales están definidas por cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes; esto quiere decir por ejemplo que los materiales de origen ígneo-metamórfico poseen un comportamiento diferente a los de origen sedimentario, aluviones, coluviones.

[1] PALADINES, A. Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador, pág. 7.

- **Estructura y discontinuidades**

En los suelos residuales y rocas la estratificación y las discontinuidades actúan como planos de debilidad o como conductores de corrientes de agua subterránea y las características de estas pueden facilitar los movimientos.

- **Geología Estructural**

Grover Rojas, 2011, describe a la Geología estructural como la rama de la geología que se dedica a estudiar la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman. Estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y entiende la arquitectura de la corteza terrestre y su relación espacial, determinando las deformaciones que presenta y la geometría subsuperficial de las estructuras rocosas.[2]

En el presente estudio la importancia de la Geología Estructural es muy trascendental, pues sin un conocimiento correcto de la morfología de las formas estructurales es imposible efectuar un levantamiento Geológico, el cual sirve para determinar las formas estructurales basándose en las observaciones fragmentarias de afloramientos.

- **Meteorización**

La descomposición física o química produce alteraciones en la roca o suelo, las cuales modifican sustancialmente los parámetros de resistencia y permeabilidad, facilitando la ocurrencia de movimientos en masa.

[2] ROJAS, G., Geología Estructural.

3.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

César Sagaseta, 2010, establece que la ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra.[3] Además permite entender cabalmente los principios de la mecánica puesto que es importante conocer las condiciones bajo las cuales determinados materiales fueron creados o depositados y los posteriores procesos estructurales o diagenéticos que han sufrido.

En el presente trabajo investigativo el estudio geotécnico es importante porque se investiga el suelo y las rocas por debajo de la superficie, para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones para la construcción del Canal de Riego Macará.

En la presente investigación se analizará los siguientes parámetros Geotécnicos:

- **Humedad Natural del Suelo**

Se denomina humedad natural o contenido de agua de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida y se expresa como porcentaje.

- **Granulometría del Suelo**

Se mide la gradación de los materiales sedimentarios, así como su origen y sus propiedades mecánicas, además se realiza el cálculo de la abundancia de las partículas correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

[3] SAGASETA, C., Introducción a la Geotecnia: Tipos y Propiedades de los suelos.

- **Límite de consisténcia del Suelo**

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en el estudio geotécnico interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse.

- **Peso Específico**

Peso específico es la relación entre el peso en el aire de un material a una temperatura dada y el peso en el aire del mismo volumen de agua destilada, a la misma temperatura.

- **Compactación**

La compactación es el proceso artificial por el cual las partículas del terreno son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedades ingenieriles.

- **Contenido de Humedad**

Es la relación entre el peso del agua contenida en una roca y el peso de su fase sólida, se expresa en porcentaje. Está muy ligada a la porosidad del terreno y la profundidad que proviene la misma, a mayor contenido de agua mayor disminución de la resistencia.

- **Clasificación del Suelo por los métodos AASTHO Y SUCS**

La clasificación AASTHO describe y regula el procedimiento para la clasificación de suelos y agregados para la construcción de carreteras. Esta clasificación establece 7 grupos de suelos y agregados con base en la determinación en el laboratorio de la granulometría, el límite líquido y el límite plástico, un octavo grupo corresponde a los suelos orgánicos. Esta clasificación puede ser utilizada cuando se requiere una clasificación geotécnica precisa, especialmente para la construcción de obras viales.

- **Ensayo de Cono de Penetración Dinámico (DCP)**

El Cono de Penetración Dinámico DCP (Dynamic Cone Penetrometer) es un instrumento diseñado para medir in situ las propiedades de las capas del suelo que constituyen la estructura de un pavimento, de una manera no destructiva, rápida y económica.

El instrumento DCP mide la penetración por golpe en un pavimento a través de la totalidad de sus capas bajo carga constante. Esta penetración es función de la resistencia de corte in situ. El perfil de penetración obtenido, no sólo da una indicación de las propiedades de los materiales sino que también permite conocer el valor del CBR.

- **Ensayo C.B.R.**

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de

carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub−rasante, sub−base y base de pavimentos.

- **Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos (Bienasky)**

Según Bienasky, 1989. Esta clasificación Geomecánica se basa en el índice RMR "Rock Mass Rating", que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Resistencia Compresiva de la roca.
- ✓ Índice de la Calidad de la Roca - RQD.
- ✓ Espaciamiento de Juntas.
- ✓ Condición de Juntas.
- ✓ Presencia de Agua.
- ✓ Corrección por orientación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del RMR que varía entre 0 – 100.

Los objetivos de esta clasificación son:

- ✓ Determinar y/o Estimar la calidad del macizo rocoso.
- ✓ Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- ✓ Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- ✓ Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.

Se clasifican las rocas en 5 categorías. En cada categoría se estiman los valores de la cohesión y el ángulo de fricción interna del macizo rocoso.

- **Obras Hidráulicas**

Guevara, 2011 hace hincapié de entender a las obras hidráulicas o infraestructuras hidráulicas como una construcción, en el campo de la ingeniería civil, donde el elemento dominante tiene que ver con el agua. Se puede decir que las obras hidráulicas desarrollan un conjunto de estructuras construidas con el objeto de manejar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa.

En cambio, la hidráulica como tal es la parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos con aplicación a los problemas de naturaleza práctica (conducciones, abastecimientos, riegos, saneamientos), esto permitirá en el trabajo investigativo entender el flujo del agua en estratos rocosos y el comportamientos de cargas y presiones totales que contemplan los suelos y las rocas del sector.

3.3. ESTABILIDAD DE TALUDES

▸ Factor de Seguridad

El Factor de Seguridad es empleado por los Ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1927) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$\textbf{F.S.} = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo al cortante}}$$

En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$\textbf{F.S.} = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento actuante}}$$

Existen, además, otros sistemas de plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud y método probabilístico. La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de “equilibrio límite” donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie se estudia un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir el equilibrio.

Calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del Factor de Seguridad.

Otro criterio es el de dividir la masa a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o

bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos.

$$\textbf{F.S.} = \frac{\Sigma \text{ Resistencias al corte}}{\Sigma \text{ Esfuerzos al cortante}}$$

- **Método de determinación de Factores de Seguridad**

Uno de los métodos más tradicionales es el de Ábacos de Hoek y Bray, 1977. Proporcionan un límite inferior del factor de seguridad, asumiendo que las tensiones normales en la superficie de deslizamiento se concentran en un solo punto.

En la construcción de los ábacos se han tenido en cuenta diferentes condiciones de presiones intersticiales debidas a la presencia de un nivel freático en el terreno, que divide el talud en una zona seca y otra saturada. Se cuenta con 5 ábacos, dos de ellos para talud totalmente seco y totalmente saturado y 3 para casos intermedios (diferentes alturas del nivel freático).

Existen otros métodos de determinación de factores de seguridad como talud infinito, dovelas, roturas planares, métodos directos e indirectos que serán especificados en la fase metodológica de la presente investigación.

3.4. MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que medie ostensiblemente medio de transporte alguno, siendo tan solo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras.

▸ Clasificación de Movimientos en Masa

Varnes y Hutchinson proponen la siguiente clasificación modificada de movimientos de masa.[4]

- ✓ Caída
- ✓ Volcamiento
- ✓ Deslizamiento
- ✓ Deslizamiento Rotacional
- ✓ Deslizamiento Traslacional
- ✓ Flujo
- ✓ Reptación

De esta clasificación en el presente estudio se encuentran deslizamientos de tipo rotacional y un hundimiento.

[4]Modificado de Varnes, 1978, Hutchinson, 1988, Hungr et al., 2001

3.5. CANALES DE RIEGO

En un proyecto de irrigación la parte que comprende el diseño de los canales y obras de arte, si bien es cierto que son de vital importancia en el costo de la obra, no es lo más importante puesto que el caudal, factor clave en el diseño y el más importante en un proyecto de riego, es un parámetro que se obtiene sobre la base del tipo de suelo, cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc. es decir mediante la conjunción de la relación agua – suelo – planta y la hidrología, de manera que cuando se trata de una planificación de canales, el diseñador tendrá una visión más amplia y será más eficiente, motivo por lo cual el ingeniero agrícola destaca y predomina en un proyecto de irrigación.

- **Tipos de Canales de riego por su función.**

Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones:

• **Canal de primer orden**.- Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos. En el presente estudio se encuentra este tipo de canal.

• **Canal de segundo orden**.- Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub – laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.

• **Canal de tercer orden**.- Llamados también sub – laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub – lateral se conoce como unidad de rotación.

Para las conducciones de agua por canales es de vital importancia fijar el caudal a conducir y la superficie a regar. Al tratarse de regadíos, será necesario conocer la superficie a regar y régimen de riegos, lo que deberá ir de acuerdo con los grupos agrologicos del terreno, así como la clase de cultivos de la zona; esto da el coeficiente adecuado para fijar la medida de litros por hectárea.

Para conducir un Q caudal por segundo se determina la sección hidráulica S del canal, y por la velocidad V, que por el ha de circular el agua, la cual a su vez depende de la pendiente I con la que se construya la obra.

El agua no recorre en el canal a la misma velocidad en toda su masa pues el roce con las paredes laterales y fondo hace que allí la velocidad sea más lenta, y tanto más si las paredes y el fondo son de tierra, por lo cual dependerá de la clase de material con que se va a construir la obra.

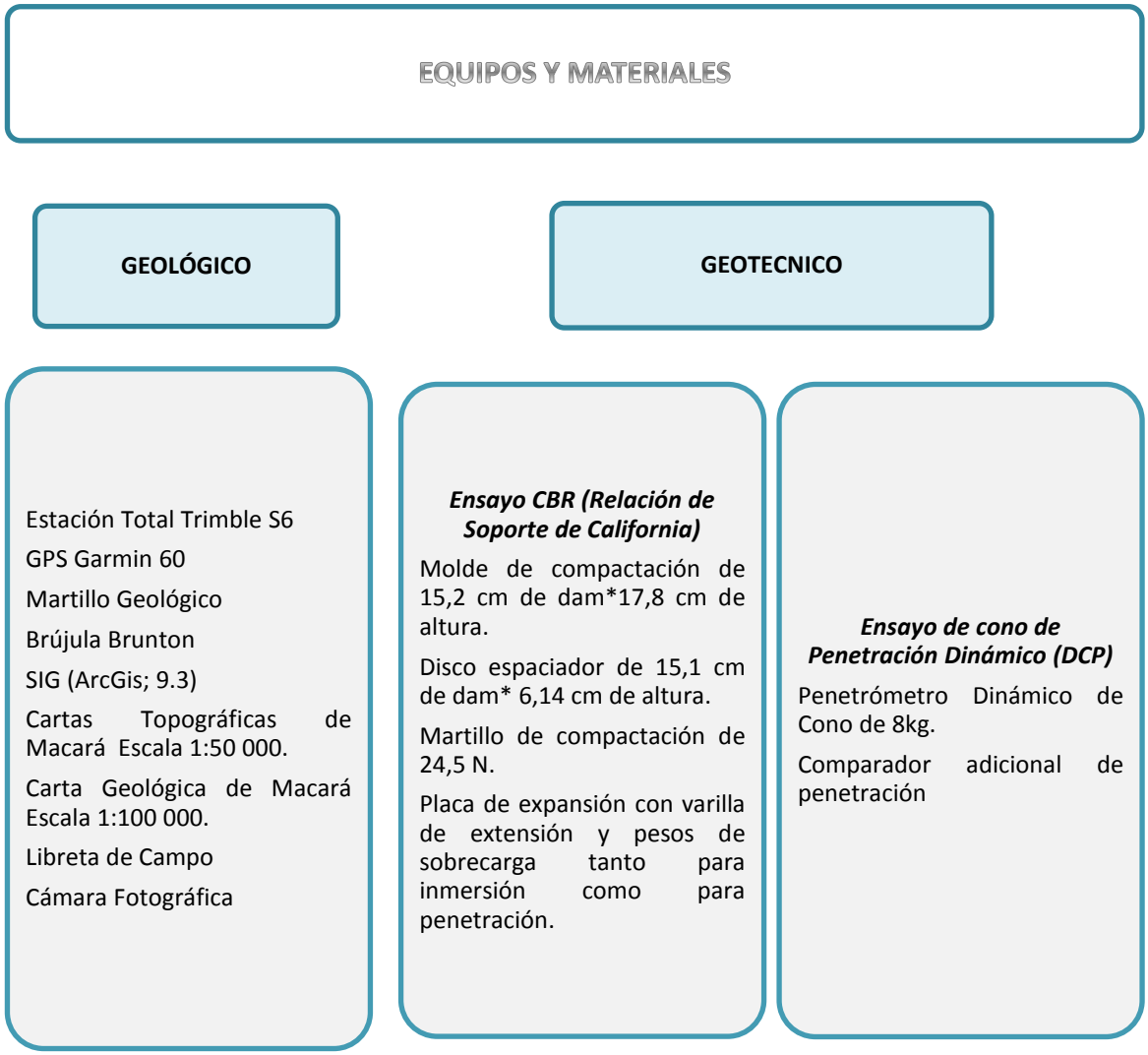
La velocidad es importante, ya que depende que pueda erosionarse el terreno en las obras de tierra, e incluso destruirlas. Estas obras de tierra deben ser de taludes más inclinados en los terrenos de menor resistencia. Igualmente hay que considerar que la velocidad no puede ser excesivamente lenta pues daría lugar a múltiples filtraciones.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales.

En la figura 1, se describen los equipos topográficos y de muestreo empleados para la fase geológica, así como los equipos y tipos de ensayos requeridos para obtener los resultados geotécnicos.

Figura 1. Equipos y Materiales Utilizados.



Fuente: La Autora

4.2. Métodos

Para el desarrollo del presente estudio se utiliza el Método científico, que es un método de estudio sistemático de la naturaleza que incluye las técnicas de observación, reglas para el razonamiento y la predicción de sucesos, además otorga ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos.

Seguidamente se establece en detalle la metodología a utilizarse para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO

Realizar la base topográfica y el mapeo geológico a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.

Se realiza el levantamiento topográfico detallado mediante la utilización de la Estación Total Trimble S6, con la misma se codifican y toman los puntos necesarios que permiten representar con mayor detalle las características topográficas del sector, luego estos datos son procesados en la oficina en computador utilizando el software Office Excel 2007, inmediatamente estos datos se los procesa nuevamente utilizando el programa “ForeSight” el cual genera las curvas de nivel, luego se lo guarda como extensión dxf de Autocad para generar el mapa base utilizando el software Autocad 2010 con el Datum WGS 84. Estos datos son exportados al Arc Gis 9.3, en el mismo se realiza el mapa final.

Para el desarrollo del mapeo Geológico se procedió de la siguiente manera:

Se llevó a cabo un reconocimiento a lo largo del canal de Riego Macará recogiendo la información más relevante en cuanto a geología, se realizó la

observación directa de las características geológicas y descripción de los afloramientos que presenta el sector de estudio. (***Ver Anexo 1***).*FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS*).

METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

Efectuar un inventario de los Movimientos en Masa a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.

Referido al inventario de Movimientos en masa se utiliza el método de observación directa, el cual consiste en la ubicación de los movimientos en masa con la utilización del GPS, se caracteriza individualmente cada uno de los movimientos en masa, utilizando el formato de campo propuesto por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. ***(Ver Anexo 2).*** En el mismo se indican características del movimiento como ubicación, dirección, ángulo de inclinación, tipo, longitud, ancho, velocidad, estilo, actividad, forma y estado de la masa desplazada y factor disparador.

METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO

Determinar las propiedades físico –mecánicas del terreno a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.

Comprende el análisis de las muestras de campo en el laboratorio con el fin de determinar sus características y propiedades Físico – Mecánicas del terreno se realizará ensayos de mecánica de suelos, el ensayo CBR se lo realizará cada 2000 metros, mientras que el ensayo DCP se lo realizará cada 500 metros a lo largo del Canal de Riego Macará.

Tabla 1. Número de Muestras para las propiedades Físico-Mecánicas del Terreno.

ENSAYO	DISTANCIA DE MUESTREO	NÚMERO DE MUESTRAS
Contenido de humedad	500 metros	36 muestras
Peso específico		
Análisis Granulométrico		
Límite de Atterberg		
Clasificación según la AASHTO y SUCS		
Compactación		
Ensayo DCP		
Ensayo CBR	2000 metros	9 muestras

Fuente: La Autora

Para la realización de la clasificación AASTHO y SUCS se utiliza las siguientes las tablas presentadas en las figuras 2 y 3:

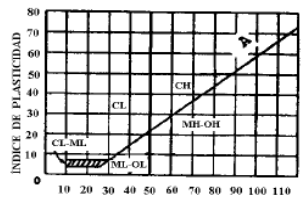
Figura 2. Clasificación AASTHO.

Clasificación General	Materiales Granulares (35 % o menos del total pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35 % del total pasa el tamiz No. 200)			
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5[a] A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No. 40 Límite líquido, w_L				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Indice Plástico, I_p	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Indice de Grupo[b]	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max

Fuente. Reglamento Argentino de Estudios Geotécnicos. Cap. 8.

Figura 3. Clasificación SUCS.

Divisiones principales			Símbolo del grupo	Nombre clásico	Método de identificación en campo excluyendo partículas mayores de 75 mm			Clasificación de laboratorio
1	2		3	4	5			6
Suelos de grano grueso. Más de la mitad del material es mayor que el t. nº200	GRAVAS. Más de la mitad de los granos es > 5mm	Gravas limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino	Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos			$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$; $1 < Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$
			GP	Gravas pobremente graduadas,mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino	Predomina un tamaño ó una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios			
		Gravas con finos (apreciable cantidad)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Finos no plásticos ó con baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)			Los límites de Atterberg bajo la línea A ó IP < 4 — Los límites que caen en la zona rayada, con IP entre 4 y 7,son casos límite que requieren doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Finos plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)			Los límites de Atterberg sobre la línea A ó IP > 7
	Más de la mitad de los granos es < 5 mm. Para clasificación visual el tamiz nº4 equivale a 5 mm	Arenas limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco ó ningún fino	Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos			$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$; $1 < Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco ó ningún fino	Predomina un tamaño ó una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios			
		Arenas con finos (apreciable cantidad)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Finos no plásticos ó con baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)			Los límites de Atterberg bajo la línea A ó IP< 4 — Los límites que caen en la zona rayada, con IP entre 4 y 7,son casos límite que requieren doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Finos plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)			Los límites de Atterberg sobre la línea A ó IP> 7
Suelos de grano fino. Más de la mitad del material es menor que el t. nº200. El tamaño del tamiz nº200 es aproximadamente la menor partícula visible a simple vista					Método de identificación en la fracción menor de tamiz nº40 (0.4 mm)			Determinar (cuando grava y arena después de la curva granulométrica y después el % de finos(fracción menor que el tamiz nº200) — Usar la curva granulométrica para identificar las fracciones
					Resistencia a la rotura	Dilatancia	Plasticidad	
	Limos y arcillas. Límite líquido menor que 50		ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad	Ninguna a ligera	Rápida a lenta	Ninguna	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Media a alta	Ninguna a muy lenta	Media	
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	Ligera a media	Lenta	Ligera	
	Limos y arcillas. Límite líquido mayor que 50		MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Ligera a media	Lenta a ninguna	Ligera a media	
			CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Alta a muy alta	Ninguna	Alta	
			OH	Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad	Media a alta	Ninguna a muy lenta	Ligera a media	
Suelos altamente orgánicos			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificable por el color,olor,tacto esponjoso y a menudo textura fibrosa			



CARTA DE PLASTICIDAD

Fuente. Reglamento Argentino de Estudios Geotécnicos. Cap. 8

El ensayo DCP se lo realiza introduciendo la punta del DCP en el suelo, levantando el mazo deslizante que pesa 8Kg, hasta la empuñadura y soltándolo luego. Se mide la penetración total alcanzada para un determinado número de golpes y se anota en mm/golpe, una medida que luego se utiliza para estimar el CBR in situ en base al siguiente cuadro de correlación.

Tabla 2. Correlación Tabular entre índice DCP y el índice CBR.

ÍNDICE DCP mm/golpe	**CBR** %	**ÍNDICE DCP** mm/golpe	**CBR** %	**ÍNDICE DCP** mm/golpe	**CBR** %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

Fuente. Webster, S. L., Brown, R.W., y Poter, J.R., “Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP)”, Technical Report N° GL-94-17, Air Force Civil Engineering Support Agency. April 1994.

Además se caracteriza el macizo rocoso utilizando la clasificación Geomecánica de Bienasky la cual procede de la siguiente manera:

1a. Resistencia Compresiva de la roca.

La resistencia compresiva de la roca se la realiza mediante el ensayo de compresión simple o uniaxial.

2a. Índice de la Calidad de la Roca - RQD.

El índice de calidad de las rocas se lo calcula en función del número de fisuras por metro cúbico, determinadas al realizar el levantamiento litológico del macizo.

3a. Espaciamiento de Juntas.

Para el espaciamiento de juntas, se utiliza la clasificación de Deere de los macizos rocosos, que es la que se recomienda utilizar en la clasificación Geomecánica de Bienasky.

Tabla 3. Clasificación de Deere de los macizos rocosos.

Descripción de Espaciamiento	*Espacio de Juntas*	*Tipo de macizo rocoso*
Muy ancho	>3m	Sólido
Ancho	1-3m	Masivo
Moderadamente cerrado	0.3-1m	En bloques
Cerrado	50-300mm	Fracturado
Muy cerrado	<50mm	Machacado

Fuente. Webster, S. L., Brown, R.W., y Poter, J.R., "Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP)", Technical Report $N_{0.}$ GL-94-17, Air Force Civil Engineering Support Agency. April 1994.

4a. Condición de Juntas.

Para las condiciones de las juntas se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- ***Apertura:*** La apertura de las juntas sirve para la descripción cuantitativa del macizo rocoso y es la siguiente.

Tabla 4. Condiciones de Juntas.

Descripción:	*Separación:*
Abierta	>5 mm
Moderadamente Abierta	1-5 mm
Cerrada	0.1-1 mm
Muy cerrada	<0.1 mm

Fuente. Webster, S. L., Brown, R.W., y Poter, J.R., "Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP)", Technical Report. $N_{0.}$ GL-94-17, Air Force Civil Engineering Support Agency. April 1994.

- ***Tamaño:*** se mide el tamaño de las juntas del macizo, esta medida es importante porque influye en el comportamiento del macizo.

- ***Rugosidad:*** para esta clasificación se establecen 5 categorías de rugosidad: muy rugosa, rugosa, ligeramente rugosa, suave y espejo de falla.

- ***Dureza de los labios de la discontinuidad:*** en este parámetro se considera 3 categorías de dureza: dura, media y blanda.

- ***Relleno:*** el relleno se define por su espesor, tipo de material, consistencia y continuidad.

5a. Presencia de Agua.

El criterio que se utiliza será el siguiente: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

6a. Corrección por orientación.

En este parámetro se considera si las orientaciones del rumbo y del buzamiento son más o menos favorables con relación a la pendiente del talud.

Con la obtención de estos datos se clasifica los parámetros y sus valores utilizando la siguiente tabla:

Figura 4. Clasificación de los parámetros y sus valores.

Parámetros		ESCALA DE VALORES						
Resistencia de la roca intacta	Carga Puntual	80 kg/cm²	40-80 kg/cm²	20-40 kg/cm²	10-20 kg/cm²	10 kg/cm²		
	A Compresión Simple	2000 Kg/cm²	1000 - 2000 Kg/cm²	500 - 1000 Kg/cm²	250 - 500 kg/cm²	100-250 kg/cm²	30-100 kg/cm²	10-30 Kg/cm²
VALOR		15	12	7	4	2	1	0
R. Q.D.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
VALOR		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50-300 mm	50 mm		
VALOR		30	25	20	10	5		
Condición de Juntas		Muy rugosas sin continuidad cerradas, Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca suave	Espejo de falla o relleno de espesor < 5mm ó abiertos 1-5mm FisurasContinuas	relleno blando de espesor < 5mm. ó abiertas <5 mm. fisuras continuas		
VALOR		25	20	12	6	0		
Aguas Subterráneas	Cant. Infiltracion 10 m. de túnel	Ninguna		25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min.		
	Presión de agua Esfuer. principal	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	0.5		
	Situación General	Totalmente Seco		Solo húmedo agua insterst.	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
VALOR		10		7	4	0		

Fuente. Webster, S. L., Brown, R.W., y Poter, J.R., "Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP)", Technical Report $N_{0.}$ GL-94-17, Air Force Civil Engineering Support Agency. April 1994.

Seguidamente se determina la clase de macizo rocoso utilizando el siguiente cuadro:

Tabla 5. Valores para determinar el macizo rocoso.

Valor total del RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase por Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy malo

Fuente. Webster, S. L., Brown, R.W., y Poter, J.R., "Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP)", Technical Report $N_{0.}$ GL-94-17, Air Force Civil Engineering Support Agency. April 1994.

Finalmente se determina el significado de la clase de macizo rocoso mediante la utilización del cuadro de clases de Macizo rocoso.

Tabla 6. Clases de macizo rocoso.

CLASE POR NÚMERO	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Tiempo de mantenimiento	10 años para 5 m	6 meses para 4 m	1 semana para 3 m	5 horas para 1.5 m	10 min. para 0.5 m
Cohesión	>3 Kg/cm^2	2-3 Kg/cm^2	1.5-2 Kg/cm^2	1-1.5 Kg/cm^2	<1 Kg/cm^2
Ángulo de fricción	>45^0	40^0-45^0	30^0-40^0	30^0-35^0	<30^0

Fuente. Webster, S. L., Brown, R.W., y Poter, J.R., "Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP)", Technical Report $N_{0.}$ GL-94-17, Air Force Civil Engineering Support Agency. April 1994.

METODOLOGÍA PARA EL CUARTO OBJETIVO

Determinar el factor de seguridad en uno de los Movimientos en masa del canal de Riego Macará, que sirva como modelo para el resto de Movimientos.

Dependiendo del tipo de talud y el tiempo y recursos destinados a la investigación de campo y al análisis, existen diferentes procedimientos de investigación y diseño de taludes. Existen tres procedimientos tradicionales, que representan niveles de complejidad y costo.

1. Uso de observación de campo y experiencia, sin sondajes, ni ensayos de laboratorio, ni análisis de estabilidad.
2. Uso de cálculos de estabilidad mediante ábacos, en combinación con observaciones de campo y un número mínimo de sondajes y ensayos de laboratorio.
3. Uso de cálculos detallados de estabilidad, en combinación con un programa amplio de investigación de campo y ensayos de laboratorio.

Uno de los principales obstáculos a solventar es diferenciar y aplicar los métodos de cálculo para analizar la estabilidad de un talud. Los métodos se pueden clasificar en dos grandes grupos: 1) Métodos de cálculo en deformaciones y 2) Métodos de equilibrio límite.

Los métodos de equilibrio límite se pueden clasificar a su vez en dos grupos:

1) Métodos exactos, que se basan en la aplicación de las leyes de la estática proporcionan una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad

constante en toda la superficie de rotura, entre otras). Esto sólo es posible en taludes de geometría sencilla, como por ejemplo la rotura planar y la rotura por cuñas.

2) Métodos no exactos, basados en que el problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución. Se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy en desuso, y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

Los métodos de las dovelas o rebanas pueden clasificarse en dos grupos:

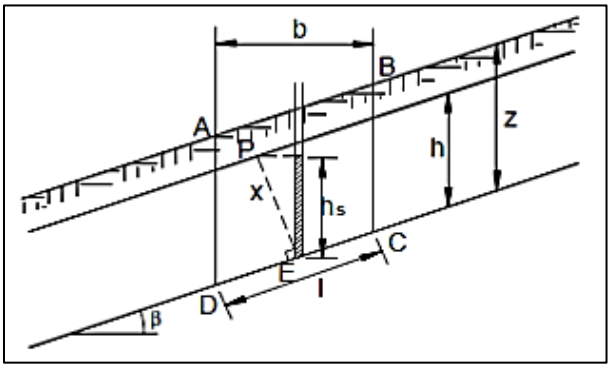
1) Métodos aproximados que no cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden enunciar por ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y Bishop simplificado.

2) Métodos precisos o completos, que cumplen todas las ecuaciones de la estática; los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spercer y Bishop riguroso.

- ✓ **Método de Talud Infinito**

En estas condiciones, el mismo autor indica, que es factible aplicar el método de talud infinito ya que es un sistema muy rápido y sencillo para determinar el factor de seguridad de un talud, suponiendo un talud largo con una capa delgada de suelo, en el cual, cualquier tamaño de columna de suelo es representativo de todo el talud (Figura 5).

Figura 5. Diagrama de análisis, método del talud infinito. (Cornforth, 2005).



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. 2009. DESLIZAMIENTOS. Volumen 1: Análisis Geotécnico. Pág. 146.

Para un talud uniforme y relativamente largo, en el cual el mecanismo de falla esperado no es muy profundo, los efectos de borde son despreciables y el factor de seguridad puede calcularse (para un talud infinito) a partir de una unidad de área con base en criterios de resistencia. Analizando el elemento de la figura 1 y realizando una igualdad de fuerzas resistentes y actuantes, se obtiene la siguiente expresión:

$$Fs = \frac{c^{\cdot\cdot}(\gamma z - \gamma wh)cos^2\beta tang\theta'}{\gamma z\, sen\beta cos\beta}$$

$$Fs = \frac{tang\theta}{tang\beta}$$

Dónde:

z.- Altura de la masa deslizante (metros)

h.- Altura del agua subterránea medida durante el movimiento (metros)

B.- Ángulo de inclinación con la horizontal (grados)

γ.- Peso específico del suelo (KN/m3)

Φ.- Ángulo de fricción (grados)

c´.- Cohesión (KN/m2).

- ✓ **Roturas Planares**

En el análisis en taludes y/o laderas en roca se analiza esencialmente la rotura planar. Esta rotura planar o plana es aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Es la más sencilla de las formas de rotura posibles y se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud. Frecuentemente se trata de fallas que interceptan al talud[5].

Esta rotura en nuestro medio pueden considerar dos variantes: a) terrenos granulares en los que, entre dos terrenos de buenas características resistentes, se intercala un estrato de poco espesor de material con menos resistencia y b) cuando los rumbos o trazas horizontales del plano del talud y del plano de deslizamiento deben ser paralelos o casi paralelos, formando entre sí un ángulo máximo de 20º.

En el caso de rotura planar el factor de seguridad FS se obtiene de forma directa como cociente entre las fuerzas que tienden a producir el movimiento y las fuerzas resistentes del terreno que se oponen al mismo, proyectadas todas según la dirección del plano de rotura. Al calcular FS de esta manera, se supone implícitamente constante a lo largo de toda la superficie de rotura, lo cual se acepta a pesar de no ser estrictamente cierto.

En el caso más general, se considera que el plano de deslizamiento se encuentra limitado en su parte superior por una grieta de tracción, que se puede suponer plana, total o parcialmente llena de agua. En el plano de rotura aparecen unas presiones intersticiales que dependen de la situación de la línea de saturación y de las características del terreno. En este caso el factor de

[5] Herrera Rodríguez, Fernando. 2000. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES. Geotecnia

seguridad es:

$$FS = \frac{c' * A + (W.\cos\psi p - U - V * \text{sen}\,\psi p) * \tan\psi p}{W * \text{sen}\psi p + V * \cos\psi p}$$

$$A = \frac{H - Z}{\text{sen}\,\psi p}$$

$$U = \frac{1}{2}\gamma w * Zw\left(\frac{H - Z}{\text{Sen}\,\psi p}\right)$$

$$V = \frac{1}{2} * \gamma w * Zw^2$$

$$W = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{Z}{H}\right)^2}{\tan\psi p} - \frac{1}{\text{tang}\,\psi t}\right]$$

Dónde:

c' = cohesión efectiva en la superficie de deslizamiento.

f = ángulo de rozamiento interno efectivo en la superficie de deslizamiento.

A = área de la superficie de deslizamiento, supuesta de ancho unidad.

W = peso de la masa deslizante, supuesta de ancho unidad.

Yp = ángulo que forma el plano de deslizamiento con la horizontal.

U = resultante de las presiones interstiales que actúan sobre el plano de deslizamiento.

d = ángulo que forma la grieta de tracción con la vertical.

V = resultante de las presiones intersticiales que actúan sobre la grieta de tracción.

g = aceleración de la gravedad.

- ✓ **Método de Ábacos**

Para determinar el factor de seguridad se utiliza el método de ábacos de Hoek y Bray (1977). En la construcción de los ábacos tendrán en cuenta diferentes condiciones de presiones intersticiales debidas a la presencia de un nivel freático en el terreno, que divide el talud en una zona seca y otra saturada. Se cuenta con 5 ábacos, dos de ellos para talud totalmente seco y totalmente saturado y 3 para casos intermedios.

Se utilizarán las siguientes ecuaciones para determinar el FS

$$\mathbf{R1} = \frac{\mathbf{C'}}{\boldsymbol{\gamma} \times \mathbf{H} \times \mathbf{Tan}\emptyset} \qquad (\mathbf{1})$$

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{Tan}\emptyset}{\mathbf{Fs}} \qquad (\mathbf{2})$$

$$\mathbf{x} = \frac{\mathbf{C'}}{\boldsymbol{\gamma} \times \mathbf{H} \times \mathbf{Fs}} \qquad (\mathbf{3})$$

Dónde:

$\mathbf{R1}$= Resultante

$\mathbf{C'}$= Cohesión del material

$\boldsymbol{\gamma}$ = Densidad

$\mathbf{H}$= Altura de talud

$\emptyset$= Ángulo de reposo interno

$\mathbf{Fs}$ = Factor de Seguridad.

Estimación del Factor de Seguridad:

1. Se determina el valor de la resultante R1, el cual se obtiene desarrollando la ecuación número (1) que anteriormente se describe.

2. Seguidamente se representa la resultante en la gráfica de ábacos, para establecer el ábaco apropiado se toma en consideración las características de humedad que presenta el talud.

3. Después se determina el valor de X y Y, estos valores se los obtiene en la gráfica del ábaco, tomando en consideración la resultante R1 cuando corta el semicírculo que indica el ángulo de trabajo (ψ), luego se proyecta los ejes X y Y, para obtener sus valores.

4. Finalmente se estima matemáticamente el valor del factor de seguridad, este se obtiene despejando Fs de las ecuaciones (2) y (3) que se describen anteriormente, para verificar si está bien realizado el cálculo debe coincidir el mismo valor en las dos ecuaciones.

De los resultados obtenidos se procederá a la interpretación de los datos para determinar el grado de afectación del movimiento en masa.

5. RESULTADOS

5.1. Ubicación

El Canal de Riego Macará se encuentra en la Provincia de Loja, Cantón Macará, el mismo pertenece a la Parroquia Macará y los barrios intermedios entre los Sectores La Bocana, El Limón.

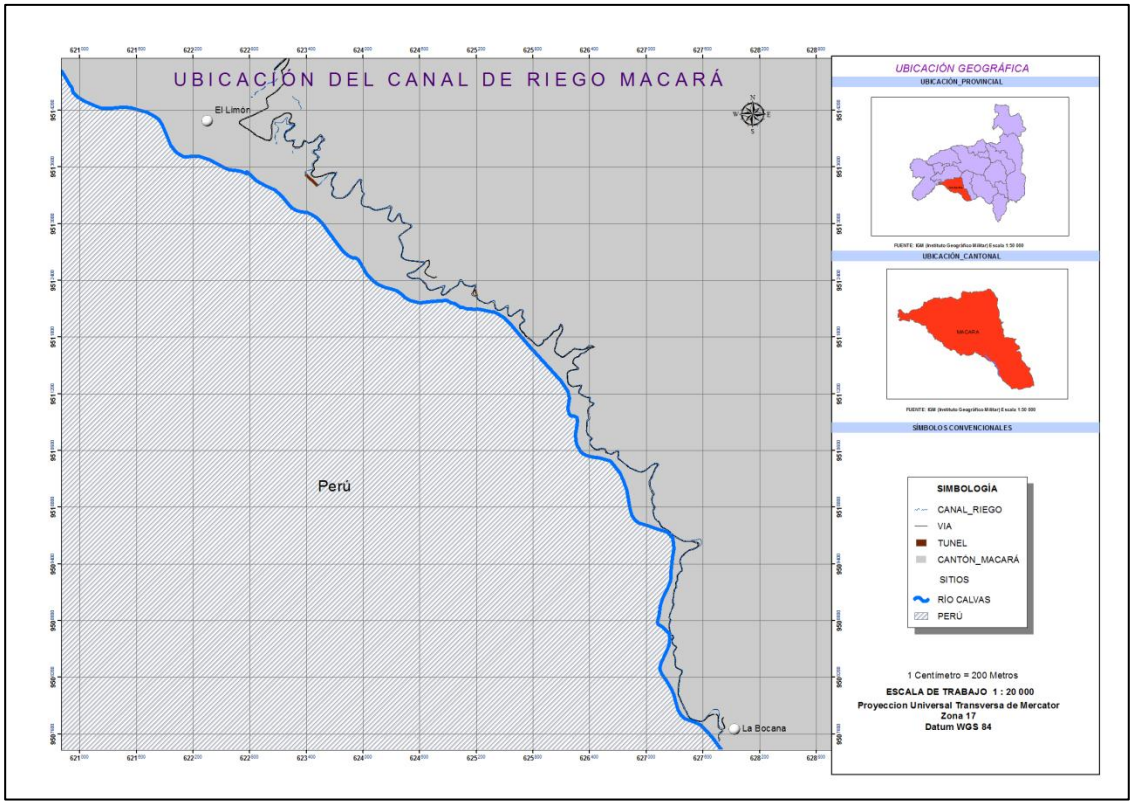
El Canal de riego Macará cuenta con una longitud de 42 Km aproximadamente e inicia en el sector Bocacasa en las riveras del Río Calvas, con un área de influencia de 1400 ha, y es importante mencionar que el mismo se encuentra en su mayoría paralelo a la vía El Limón-La Bocana-La Victoria, la cual ha permitido de alguna manera el mantenimiento del mismo.

Está constituido en cuatro etapas bien definidas: La primera conformada por los barrios La Bocana, Vega-Masa, El Coco y El Limón: la segunda etapa conformada por Jorupe, Guachapelí, La Lajilla, El Tamarindo y Macará, la tercera etapa conformada por La Mandalá, Cucumaqui, Sedaseda, Gualtacal, Badeal y La Cruz; y, la cuarta conformada por la Guatara y Machanguilla.

5.2. Localización Geográfica

El Canal de Riego Macará se encuentra ubicado dentro de la Parroquia Macará, Cantón Macará, perteneciente a la Provincia de Loja.

Figura 6. Ubicación del Canal de Riego Macará



Fuente. La Autora

El estudio del Canal de Riego Macará tiene una longitud de 18 kilómetros y está dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 7. Coordenadas Geográficas del Canal de Riego.

SECTOR	COORDENADAS		
	X	Y	Z
BOCACASA (Captación)	628212	9506007	525
LA BOCANA (Puente Quebrada la Victoria)	627712	9507824	519
EL LIMÓN (Puente Río Sabiango)	622972	9514323	490

Fuente. La Autora.

5.3. Accesibilidad

El acceso se lo realiza desde la ciudad de Loja por la Vía Panamericana que conduce hasta Macará, en la Cabecera Cantonal a la altura de la Y se continúa por la vía que conduce a Sabiango, y a la altura del Km 7 se gira a la derecha y se accede al área de estudio.

5.4. Situación del Canal de Riego Macará

▸ Antecedentes

El Canal de Riego Macará, fue concebido por la ex Caja Nacional de Riego, por el año de 1955, en 1965 se inicia su construcción bajo la responsabilidad de la Junta de Recuperación de la Provincia de Loja y su funcionamiento inicio en el año de 1973. Posteriormente en el año 1974 hasta 1992 el Instituto Nacional Ecuatoriano de Recursos Hídricos INERHI pasó a administrarlo. Durante el periodo 1992 - 2008, el Sistema Operó bajo la dependencia de la Subcomisión Ecuatoriana –PREDESUR-. Desde 2008 hasta la fecha el Instituto Nacional de Riego INAR, luego de un proceso de transferencia de competencias en cumplimiento del Decreto Ejecutivo 695, asumió la responsabilidad como Entidad del uso del agua para riego.[6]

▸ Infraestructura hidráulica

La captación es una bocatoma directa frontal con barraje, ubicada en un tramo curvo de la margen derecha del río Calvas, en la cota 524 m.s.n.m.; está compuesta por una compuerta metálica anclada sobre muros de hormigón y roca, la cual permite el paso del agua hacia el canal principal y, un muro lateral

[6] **MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA** (MAGAP),-*Subsecretaría de Riego y Drenaje*-

derecho de hormigón ciclópeo, ubicado aguas abajo de la compuerta. Aguas arriba por la margen derecha del río, el cauce está conformado por roca sólida.

El barraje está construido con estacas sobre las que se acumula piedras chambas y palos para elevar el nivel del agua, especialmente en verano. La captación fue reconstruida en el año 2010 por el Gobierno Provincial de Loja.[7]

Fotografía 1. Captación de agua del Río Calvas, Sector Bocacasa.

La conducción principal está formada en su mayoría por canal abierto de sección trapezoidal con una pendiente del 5%, 42 túneles que forman 5 796 m, 2 sifones con 540 m, 29 aliviaderos con compuertas de desfogue, 180 pasos superiores de agua, 84 alcantarillas o pasos inferiores de agua, 11 pasos vehiculares, 3 pasos peatonales, 4 aforadores VCA (vertederos de cresta ancha) y 164 tomas del canal (136 tomas directas y 28 derivaciones). Se ha construido muros de concreto para proteger el canal; la red de canales secundarios abarca una

[7] INAR. Instituto Nacional de Riego. (Sistema de Riego Macará).

longitud de 65,85 km de tubería de asbesto – cemento y 55,94 km de canal abierto, revestido, de sección rectangular.

El Canal de Riego Macará tiene un caudal promedio de 4 m^3/s, el cual favorece a la agricultura del sector, especialmente al cultivo de arroz. Pero el mismo por ya haber cumplido su tiempo de vida útil presenta pérdida de agua durante su recorrido, lo cual está ocasionando daños a la vía.

5.5. Descripción del Medio Físico

▸ Topografía

La topografía característica del cantón Macará es poco accidentada, con relieves que varían de 2 400 m.s.n.m, que es la parte más alta, hasta orillas del río Calvas que es la parte más baja con una altura de 400 m.s.n.m ***(Ver Anexo 3)***, Topografía de Macará.

En el Canal de Riego Macará, específicamente entre el sector La Bocana-El Limón se presenta una topografía bastante regular con pendientes poco pronunciadas y relieves escasamente variados, con una altura promedio de 524 m.s.n.m en La Bocana, considerándose como la parte alta y 519 m.s.n.m en el Puente del Río Sabiango, tomándolo como la parte baja.

▸ Hidrología

El Canal de Riego Macará realiza su captación en las riveras del Río Calvas en el sitio denominado. Bocacasa y corre casi en su totalidad paralelo al río Calvas.[8]

En el sector La Bocana pasa sobre la Quebrada Angashcola, la cual desemboca en el Río Calvas, el mismo que al unirse al Río Sabiango, forman el Río Macará, el cual drena sus aguas en el Río Catamayo, mismo que pasa a formar parte de la Cuenca Hidrográfica Catamayo-Chira. ***(Ver Anexo 4)***

[8] **MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA** (MAGAP),-*Subsecretaría de Riego y Drenaje*

Fotografía 2. Río Calvas, sector La Bocana.

- **Geología Regional**

La zona en estudio se encuentra dentro de la geología andina ***(Ver Anexo 5)***, la cual consiste de volcánicos andesíticos cretácicos pertenecientes a la Formación Celica, y depósitos aluviales Cuaternarios[9].

- **Formación Celica**

Consiste básicamente de una extensa depositación de lavas andesíticas, las cuales fueron eximidas a lo largo de la línea de los Andes Occidentales durante el cretácico. Las andesitas son de un color verde distintivo, usualmente homogéneo y masivo, con una matriz afanítica característica de rocas ígneas de enfriamiento rápido. La andesita porfirítica esta difundida y los fenocristales mancos son hipersteno, diopsida y augita pero estos están siempre subordinados a los fenocristales andesino-labradorita. Muchos de los fenocristales feldespáticos están argilizados o alterados a caolín y sericita. La

[9] *Carta Geológica del Cantón Macará, escala 1:100 000*

hornblenda se encuentra como un producto de alteración de los piroxenos y la hornblenda primaria muestra una alteración a clorita y biotita. Probablemente un ligero metamorfismo está relacionado a algunas de las alteraciones.

Al Oeste del Empalme las andesitas se encuentran interestratifícadas con una secuencia de cuarcitas, calizas y tobas finamente bandeadas. Se desconoce el espesor de la formación Celica pero debe ser de varios miles de metros. Posee un contacto fallado y está recubierta por la formación Sacapalca al este. Intruida además por el batolito de Tangula.

La edad de la Formación Celica es incierta, pero se cree que está prolongada hasta el Cretáceo Inferior.

- **Aluviales Recientes (Holoceno)**

Los depósitos superficiales se hallan confinados a los valles de los ríos y en particular a las áreas de los plutones graníticos debido a que la roca gruesamente granulada es fácilmente disgregada por los procesos de meteorización. Por esta razón los plutones de Macará y Sabiango forman los terrenos bajos en contraste con los volcánicos circundantes. Los derrumbes son el resultado de la inestabilidad de las laderas en esta región profundamente diseccionada.

- **Magmatismo**

El magmatismo intrusivo en la región de Macará está representado por rocas ácidas y en menor escala rocas ultrabásicas.

- **Intrusivos Ácidos**

Las intrusiones de composición ácida se constituyen por dos cuerpos plutónicos que pertenecen al Batolito de Tangula que es más extenso al Norte. Estos cuerpos se denominan Plutón de Macará y Plutón de Sabiango.

- **Plutón de Macará**

Nombre (tomado del pueblo de Macará. Este, intrusivo intruye la formación Celica y su edad es de 111 millones de años (para la hornblenda) y 48 millones de años (para la biotita), dataciones estas que sugieren que la intrusión tuvo lugar durante el Eoceno.

- **Plutón de Sabiango**

El nombre de este plutón es tomado del pueblo de Sabiango, que se encuentra a 14 Km. al Este de Macará y tiene una extensión de 12 x 35 Km. Ambos plutones son de grano grueso a medio y varían en composición desde diorita pasando por tonalita a granodiorita típicamente la diorita tiene motas negras y blancas con un contenido de cerca del 45% de minerales máficos que consisten principalmente de hornblenda con algo de biotita.

La plagioclasa está en el rango de la andesina. Las tonalitas son más leucocráticas contienen más del 10% de cuarzo y la biotita aumenta en importancia al exceder a la hornblenda en cantidad. La diorita comúnmente se la encuentra cerca del perímetro de los plutones y probablemente representa una fase temprana de actividad ígnea, la cual fue seguida posteriormente por tonalita granodiorita.

- **Geología Estructural**

En el recorrido del área de estudio se puede observar que existen dos fallas geológicas paralelas que atraviesan el Canal de Riego,***(Ver Anexo 5)***, se las ubica a la altura del Barrio Vega-Masa y presentan una dirección N70^{o}E y el buzamiento es 35ºSE, son fallas antiguas que no han afectado en mayor intensidad a la infraestructura del Canal de Riego Macará, sin embargo hay que tomarlas en cuenta en el diseño y construcción del nuevo Canal de Riego. Se reconoce que el eje de la Quebrada Angashcola coincide con una falla inferida que corta aproximadamente 500 metros, de la misma manera el eje de la quebrada Linderos coincide con una falla inferida que corta aproximadamente 600 metros. Estructuralmente existe una notable diferenciación entre la formación Celica y los Aluviales Cuaternarios, el macizo se presenta muy fracturado, debido a que se puede observar familias de diaclasas en varias direcciones, el fuerte fracturamiento se debe a la dinámica de las fallas, así como la incidencia que tienen el Batolito de Tangula y los Plutones de Macará y Sabiango, que tienen un control estructural en la cuenca afectada.

- **Geomorfología**

En el sector de estudio se diferencia únicamente llanuras aluviales las cuales se describen a continuación:

Llanuras aluviales. Esta forma de relieve abarca la mayor extensión dentro del área de estudio y representa una planicie con una pendiente de 0 a 3 grados, en esta zona el relieve se encuentra desarrollado sobre sedimentos aluviales que se formaron por acumulación fluvial del Río Calvas. ***(Ver Anexo 6)***.

Cerca el sector del Río Sabiango encontramos montañas moderadamente diseccionadas, son elevaciones colinosas con pendientes de 3 a 6 grados.

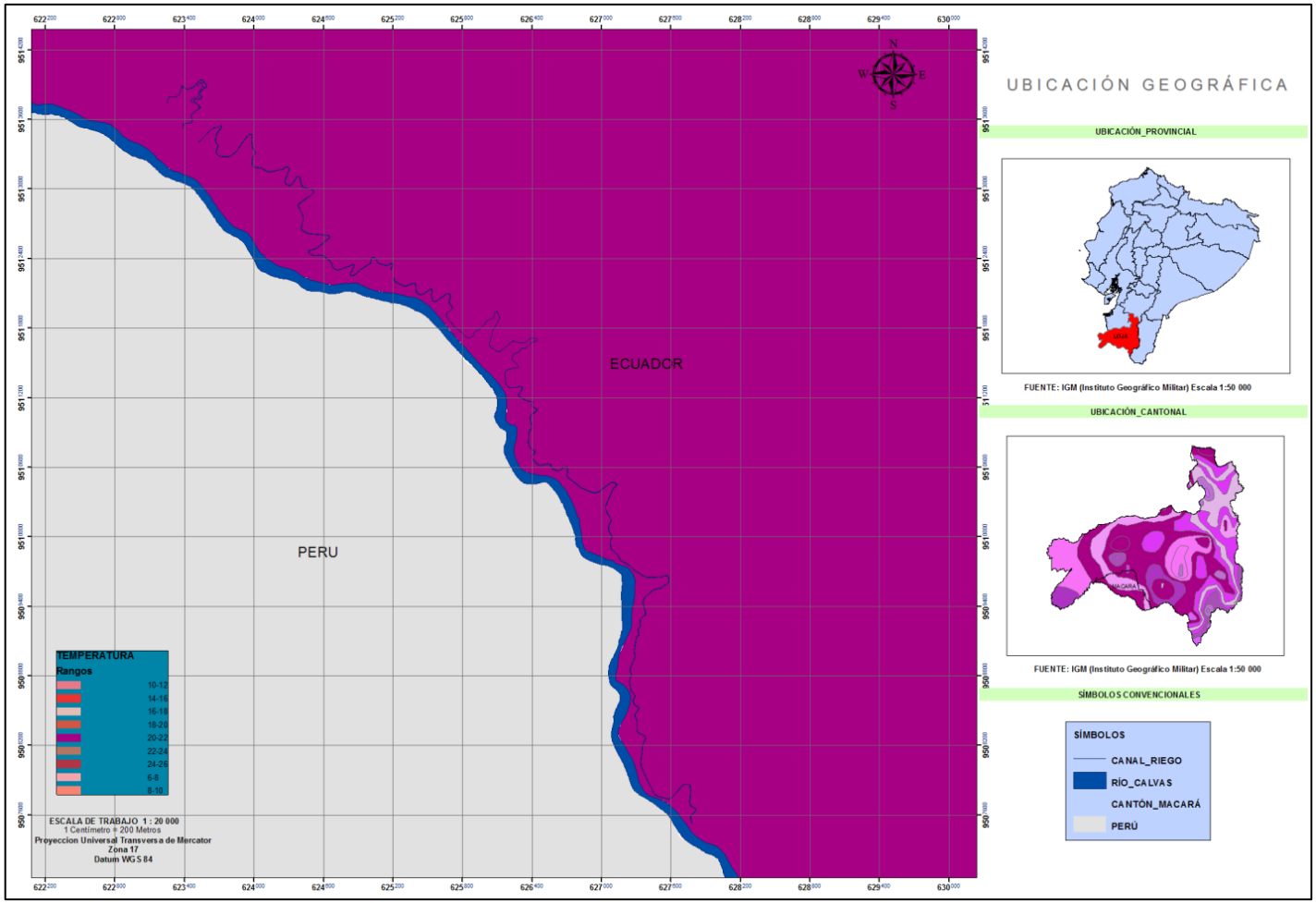
- **Clima**

Para determinar el clima del área de estudio, se realizó la recopilación de información existente en el INAMHI, se seleccionó a la estación climatológica de Macará por ser la más cercana, cuya área de influencia cubre toda el sector de estudio. La estación Macará, está ubicada geográficamente entre la latitud 4° 22' 28" S y longitud 79° 56' 20" W, a una altitud de 427 msnm.

Tipo de clima: Muy seco Sub-tropical – semiárido, **(*Ver Figura 7*)** Temperatura Media Mensual: 20°C a 22°C. La temperatura máxima absoluta registradas en Macará es de 36 °C (marzo de 1974) y la temperatura mínima absoluta registrada es de 10,4 °C (octubre de 1996).

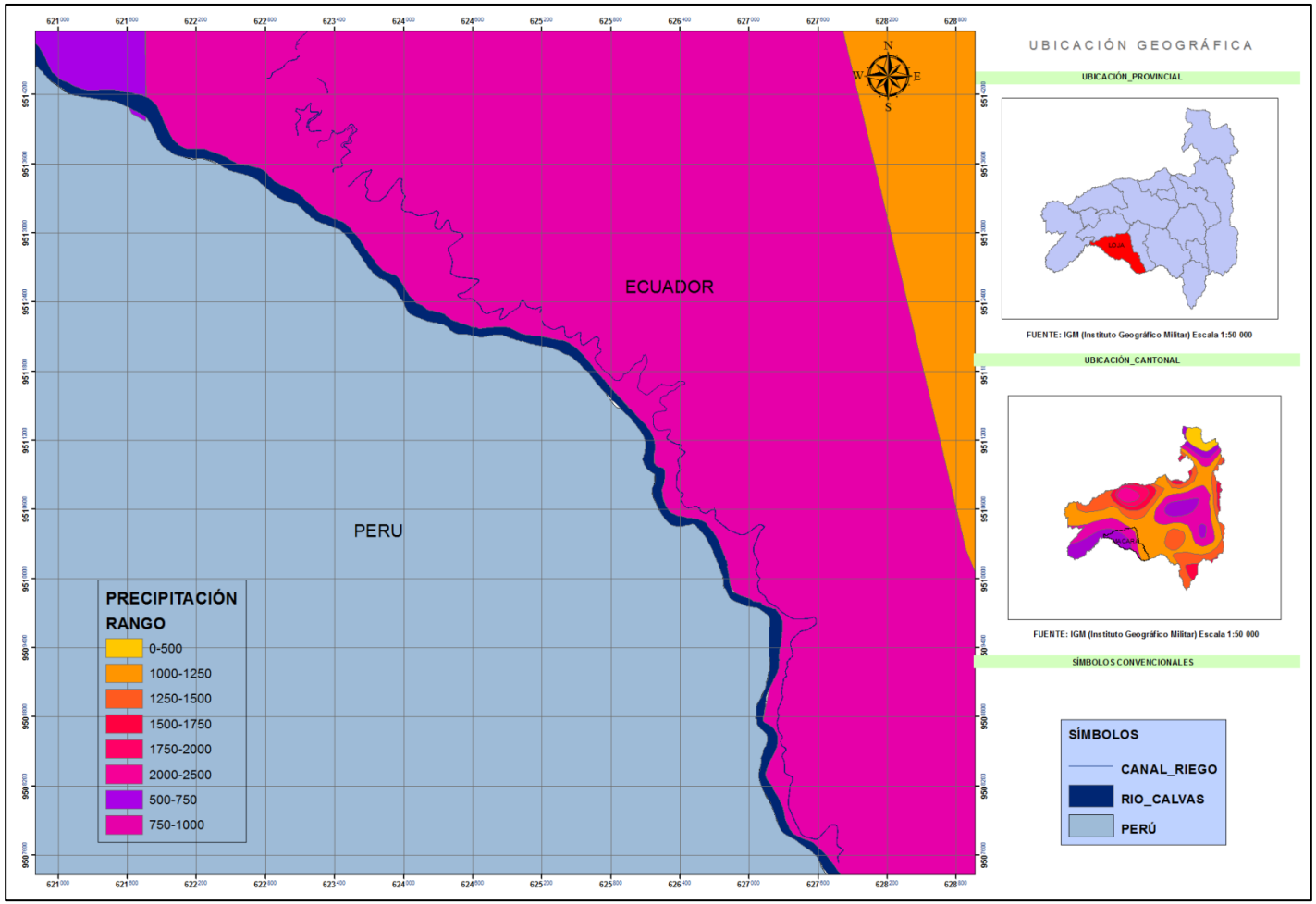
La estación seca se extiende desde Mayo hasta Diciembre, siendo los meses más secos Julio, Agosto y Septiembre. El balance de precipitación, evaporación y humedad de la zona determinan a la misma como una zona muy seca, semiárida, con un considerable déficit de agua, **(*Ver Figura 8*)** que no permite el desarrollo de actividades agrícolas o ganaderas intensivas. Bajo estas condiciones de extrema sequedad, sobre los terrenos de mayor inclinación y especialmente durante los meses de Febrero y Marzo la erosión natural tiende a igualar o sobrepasar el proceso de edafización generando suelos en grandes partes delgados y hasta superficiales.

Figura 7. Isotermas del Cantón Macará



Fuente. IGM (Instituto Geográfico Militar) escala 1:50 000.

Figura 8. Isoyetas del Cantón Macará.



Fuente. IGM (Instituto Geográfico Militar) escala 1:50 000.

- **Tipos de Suelo**

A continuación se describen los tipos de suelos (***Ver Anexo 7***) encontrados en el sector de estudio:

Alfisol: Son suelos que se presentan con una tonalidad gris, con alto contenido de arcilla y baja permeabilidad; tienen bajo contenido de materia orgánica. No son buenos suelos agrícolas, aunque pueden mejorarse con una adecuada fertilización.

Entisol: Son suelos que se presentan con una tonalidad café, están débilmente desarrollados, con materiales de acarreo por viento, agua y gravedad. Tienen baja fertilidad por carecer de materia orgánica.

- **Clasificación Geológica del Suelo.**

El Canal de Riego Macará corre en dirección nor-oeste y en su recorrido se observa la presencia de diferentes tipos de suelo, en este sentido, en el Sector La Bocana se encuentra arena arcillosa con una tonalidad café, continuando con el recorrido y en vista de que el Canal de Riego corre paralelo al Río Calvas es muy evidente la presencia de gravas con una matriz limosa y de una coloración café claro, sobre este material se encuentra depositada arena limosa de la misma coloración, específicamente a la altura del barrio Vega-Masa, en el sector El Limón se observa otro tipo de litología como arcilla limosa de una plasticidad media y de tonalidad café oscura. (***Ver Anexo 8***) Todos estos sedimentos se encuentran sobre un basamento de andesita color gris verdoso que pertenece a la Formación Celica.

- **Uso del Suelo**

El uso del suelo en el sector de estudio (***Ver Anexo 9***) se da de la siguiente manera: un 38.5% de pasto natural, un 28.7% de bosque seco, 26.6% de silvopastura, 5.7% de agrosilvopatura y el 0.5% de cultivo de arroz.

Pasto Natural: Es una especie de gramínea que pertenece a la familia *POACEAE* que crece formando una cubierta densa.

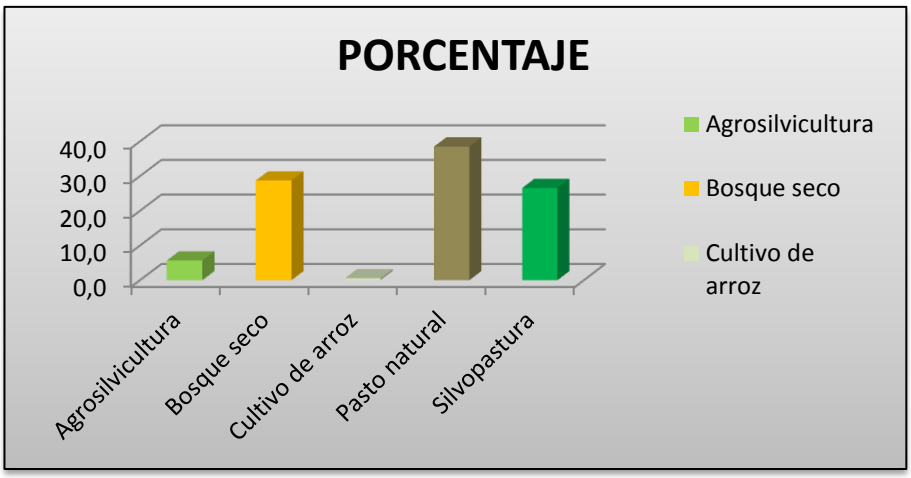
Bosque seco: Este bosque alberga especies de hábitats únicos, lo que lo constituye como un ecosistema importante.

Silvopastura: Es un sistema que permite la combinación de especies arbóreas con especies arbustivas o herbáceas, generalmente cultivadas

Agrosilvopastura: Es la combinación de la agricultura y la silvicultura para aumentar la productividad o la sostenibilidad del sistema agrícola. Incluye una extensa variedad de sistemas de uso del terreno que van desde la plantación y ordenación de árboles en terrenos agrícolas a la agricultura en tierras forestales sin causar la deforestación.

Cultivo de Arroz: Es la cosecha anual de arroz.

Gráfico 1.



Fuente. La Autora.

En el sector de estudio el uso del suelo se clasifica de la siguiente manera: cultivo de arroz, pastos cultivados, cultivo de maíz, bosque seco y montes.[10]

Fotografía 3. Cultivos de Arroz, Barrio Vega-Masa.

[10] INEC III Censo Nacional Agropecuario 2000

5.6. Descripción del Medio Biótico

El sector de estudio abarca una vía de segundo orden, la cual fue abierta hace más de una década. Lamentablemente, su apertura no contó con estudios de impacto ambiental, siendo muy difícil establecer si la fauna y flora que actualmente habitan en el sitio, sufrieron pérdidas de sus poblaciones, por alteraciones de su hábitat.[11].

- **Flora**

En forma general existen dos tipos de vegetación una artificial: constituida principalmente por pastos y cultivos; y una vegetación natural: constituida por sucesiones de bosque intervenido y bosque primario menos intervenido.

A continuación se presenta las principales especies vegetales encontradas en el sector:

Tabla 8. .Gramíneas comunes utilizadas para potreros a lo largo del canal de riego.

Nombre científico	Nombre común
Urochloa decumbens	Braquiaria
Panicum maximun	Chilena
Eriochloa polistychya	Genairo
Axonopus scoparius	Gramalote
Cynodon neuflavii	Pasto estrella
Pennisetum purpureum	Pasto elefante

Fuente: Azanza 2011.

[11] **OCHOA, D.,** *Estudio de Impacto Ambiental de la Vía El Limón-La Bocana-La Victoria-Pitayo. Año 2012.*

- **Fauna**

La fauna encontrada en el sector se presenta por su nombre científico y nombre en español.

Tabla 9. Especies de aves registradas en el estudio.

Nombre Científico	Nombre Común
Ortalis erythroptera	Chachalaca Cabecirrufa
Columbina buckleyi	Tortolita Ecuatoriana
Aratinga erythrogenys	Perico Caretirrojo
Forpus coelestis	Periquito del Pacífico
Brotogeris pyrrhoptera	Perico Cachetigris
Glaucidium peruanum	Mochuelo del Pacífico
Myrmia micrura	Estrellita Colicorta
Trogon messurus	Trogon Ecuatoriano
Picumnus sclateri	Picolete Ecuatoriano
Veniliornis callonotus	Carpintero Dorsiescarlata
Furnarius cinnamomeus	Hornero del Pacífico
Sakesphorus bernardi	Batará Collarejo
Phaeomyias tumbezana	Tiranolete de Tumbes
Contopus punensis	Pibí de Tumbes
Pachyramphus spodiurus	Cabezón Pizarroso
Turdus reevei	Mirlo Dorsiplomizo
Turdus maculirostris	Mirlo Ecuatoriano
ampylorhynchus fasciatus	Soterrey Ondeado
Thryothorus sclateri	Soterrey Pechijaspeado
Basileuterus fraseri	Reinita Gris y Dorada
Arremon abeillei	Saltón Gorrinegro
Icterus graceannae	Bolsero Filiblanco

Fuente: Ordóñez-Delgado 2011**.**

Tabla 10. Especies de mamíferos registrados en el estudio.

Nombre Científico	Nombre común
Sciurus granatensis	Ardilla de Cola Roja
Sciurus stramineus	Ardilla de Guayaquil
Didelphis marsupialis	Zarigûeya Común
Dasypus novemcinctus	Armadillo de Nueve Bandas
Sylvilagus brasiliensis	Conejo Silvestre
Desmodus rotundus	Murcielago Vampiro Común
Leopardus tigrinus	Tigrillo Chico Manchado
Puma concolor	Puma
Lycalopex sechurae	Perro de Monte de Sechura
Conepatus semistriatus	Zorrillo
Eira barbara	Cabeza de Mate
Potos flavus	Cusumbo

Fuente: Ordóñez-Delgado 2011.

5.7. Descripción del Medio Socio Económico

- **Población**

Al área de estudio la conforman aproximadamente catorce barrios los mismos que generan una población aproximada de 2088 habitantes, según *el INEC. (2010), Censo de Población y Vivienda.*

Existe el Colegio Técnico Agropecuario que lleva por nombre “La Victoria” donde funciona ciclo básico y diversificado, la planta física está ubicada en el barrio Pueblo Viejo, a 500 metros de esta población también se cuenta con una escuela de primaria que lleva por nombre “Toribio Mora” y un Jardín de Infantes con el Nombre de "Zoila Herrera".

Cabe indicar que la población de esta creciente parroquia, también se ve afectada por la falta de fuentes de trabajo y han tenido que obligadamente emigrar a otros países que les han abierto sus puertas para que se puedan desenvolver en trabajos diversos y así poder sustentar sus necesidades básicas y las de su familia.

- **Fuentes de Producción**

Sus habitantes tienen como principal ocupación la Agricultura y la Ganadería. La mayoría de hogares tienen su propio criadero de ganado vacuno, porcino, cabrío, aves de corral. En lo que respecta a la Agricultura la producción es: café, árboles frutales, caña, arroz, maíz.

Fotografía 4. Cultivos de Arroz, sector Sabiango.

- **Servicios Básicos**

Como servicios básicos en el lugar de estudio se cuenta con el servicio de agua potable, luz eléctrica y alcantarillado en la mayoría del sector de estudio.

- **Viabilidad**

La zona de estudio se encuentra casi en su totalidad paralela a la Vía de segundo orden denominada El Limón-La Bocana-La Victoria, la misma que ha permitido en algo el mantenimiento del canal de Riego macará.

Fotografía 5.Vía El Limón-La Bocana-La Victoria.

5.8. Descripción del Medio Cultural-Patrimonial

▸ Fiestas

Las fiestas que se celebran en los poblados que recorre el Canal de Riego Macará son:

- ✓ 10 de agosto, feria Comercial de integración Fronteriza
- ✓ 22 de Septiembre de 1902 – Cantonización de Macará.
- ✓ 20 de Abril de 1912 – Parroquialización de Sabiango.
- ✓ 16 de Septiembre de 1955 – Parroquialización de La Victoria

▸ Lugares Turísticos

Como lugares turísticos en el recorrido del Canal de Riego Macará, encontramos La quebrada de El Limón toma el nombre debido a que justo a ese sector se lo denomina "El Limón", es un lugar muy visitado en época de invierno y gran parte del verano mientras tenga un buen caudal de agua.

5.9. Resultado del Objetivo Uno.

Realizar la base topográfica y el mapeo geológico a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.

TOPOGRAFÍA

Mediante la utilización de la estación total trimble S6 se procedió a realizar el levantamiento topográfico a detalle a escala 1:1000, con curvas secundarias cada metro y curvas principales cada 5 metros, a partir de este levantamiento topográfico se determinó que existe mayor proporción de pendientes bajas, seguidas de pendientes moderadas, determinando de esta manera que la altura en el sector la Bocana es de 524 m.s.n.m y en el sector El Limón es de 519 m.s.n.m, lo que ha sido corroborado en el campo a través de visitas de campo, las cuales confirman la veracidad de dicho levantamiento, además cabe mencionar que el Canal de Riego Macará corre siguiendo la pendiente topográfica. ***(Ver Anexo 10).***

GEOLOGÍA LOCAL

El canal de riego Macará tiene una dirección nor-oeste, en el recorrido del mismo se encuentran aflorando aluviales, así como también afloramientos de andesitas y tobas andesíticas las cuales se hallan compactadas y cohesionadas, a continuación se presenta la descripción de los afloramientos encontrados en el sector de estudio:

Fotografía 6. *Afloramiento 1*. Andesita, sector Bocacasa.

Tabla 11. Características del Afloramiento 1.

COORDENADAS UTM	X = 628912 Y = 9506007 Z= 525
UBICACIÓN	Canal de riego, sector La Bocana, cerca de la captación.
DIMENSIONES	Ancho = 30m Alto = 12m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Andesita masiva de color verde grisáceo con un alto grado de meteorización.
GRANULOMETRÍA	Grano medio a fino
VEGETACIÓN	Escasa presencia de vegetación.

Fuente. La Autora.

La andesita se encuentra predominando en toda el área de estudio, es masiva de color verde grisáceo.

Fotografía 7. *Afloramiento 2.*Aluvial, sector La Bocana.

Tabla 12. Características del Afloramiento 2.

COORDENADAS UTM	X = 627806 Y = 9507664 Z= 524
UBICACIÓN	La Bocana, Río Calvas.
DIMENSIONES	Largo = 152m Ancho = 62m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Aluvial de la Formación Celica conformado por grava de cantos redondeados y arena.
GRANULOMETRÍA	Grano medio a grueso.
VEGETACIÓN	Escasa presencia de vegetación.

Fuente. La Autora.

Aluvial

El depósito aluvial presente en la zona de estudio se debe al río Calvas que forma amplios meandros que han dado lugar a la formación de extensas terrazas aluviales, que se depositan en los márgenes del río. El Aluvial se

encuentra constituido por arena y cantos redondeados que van desde 0.5 cm hasta los 30 cm de diámetro, estos depósitos se asientan sobre rocas volcánicas andesíticas de la Formación Celica. ***(Ver Anexo 5)***

En resumen la Geología encontrada en el sector de estudio se define de la siguiente manera: En el sector La Bocana se ubica material aluvial, que corresponde a la Quebrada Angashcola la cual desemboca sus aguas al río Calvas, el material está compuesto por grava con cantos redondeados de tamaño mediano a pequeño y arena de grano medio, también afloran andesitas y tobas andesíticas con una tonalidad gris a café, las cuales se hallan fracturadas.

A la altura de la Quebrada Linderos encontramos aluviales compuestos por grava de cantos redondeados de tamaño pequeño y arena de grano medio, también afloran andesitas de una coloración gris las cuales presentan fracturas.

En el Barrio Vega-Masa se observa la presencia de dos fallas geológicas paralelas, perpendiculares al Canal de Riego, en este sector se encuentra aflorando una zona de contacto entre tobas andesíticas y andesitas un poco basálticas las cuales se hallan compactas y cohesionadas; las mismas presenta una coloración café claro a verdosas. El fuerte fracturamiento que presenta la roca se debe a que el sistema de diaclasas se encuentra en varias direcciones.

En el sector del Río Sabiango se encuentra aluviales que han sido arrastrados por la corriente de este río, el aluvial está compuesto por grava de cantos redondeados de varios tamaños, también consta de gravilla y arena de grano medio a fino, en esta zona aflora un contacto entre andesitas y tobas andesíticas, muy cohesionadas con una tonalidad verdosa.

5.10. Resultado del Objetivo Dos

Efectuar un inventario de los Movimientos en Masa a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón

A lo largo del canal de Riego Macará se identifica la presencia de dos movimientos en masa, los cuales se caracterizaron con la ayuda de la ficha de inventariado de Movimientos en Masa del Proyecto Multinacional Andino ***(Ver Anexo 2).***

Fotografía 8. Movimiento en Masa 1, sector La Bocana, ubicado en las coordenadas X: 627372 Y: 9507948

CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO. Deslizamiento es rotacional simple, la actividad del movimiento es suspendido y no cuenta con ninguna medida de estabilización, la evolución del deslizamiento es progresivo y la velocidad es lenta acentuándose en periodos invernales a cm/año.

El terreno presenta alta humedad debido a que la roca está altamente meteorizada y fracturada, además no tiene sistema de drenaje, por lo que es mucho más fácil la infiltración del agua a niveles inferiores, contribuyendo así a

la inestabilidad del terreno. La pendiente de la ladera es de 50º. La dirección del movimiento es N55E.

LITOLOGÍA: El deslizamiento presenta claramente material arcilloso con arena, el cual está depositada sobre andesita que pertenece a la formación Celica.

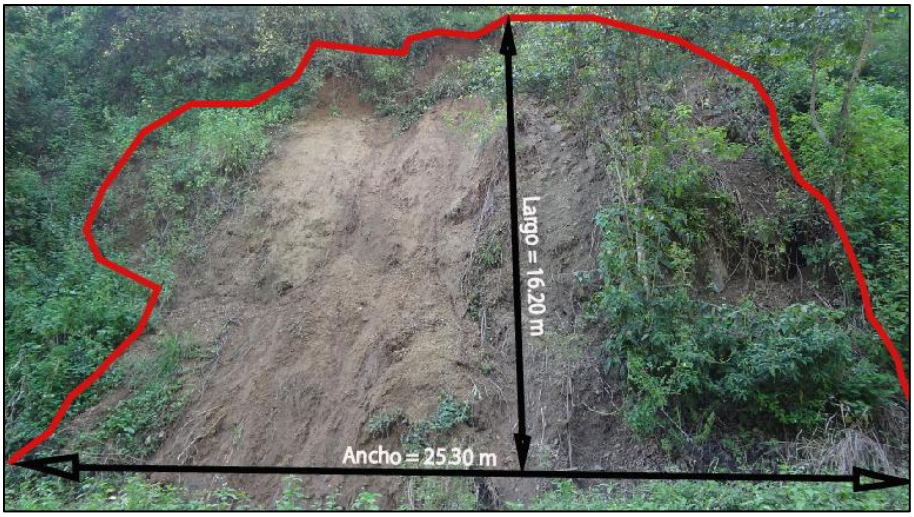
El movimiento se encuentra a 300 m del sector La Bocana, ***(Ver Anexo 11)*** al cual se lo caracteriza como deslizamiento de tipo rotacional, tiene su ancho mayor que la longitud, se encuentra activo y la velocidad del movimiento es lenta.

Fotografía 9. Movimiento en Masa 2, sector Vega-Masa, ubicado en las coordenadas: X: 626 534 Y: 9 510 622

CARACTERÍSTICAS DEL HUNDIMIENTO: El movimiento está caracterizado como hundimiento, la actividad del movimiento es latente y no cuenta con ninguna medida de estabilización, la evolución progresiva y la velocidad es lenta.

El terreno presenta alta humedad debido a que la infraestructura del canal se encuentra totalmente dañada por lo que es muy fácil la infiltración del agua a la mesa de la vía, contribuyendo así a la inestabilidad de la misma

Fotografía 10. Movimiento en Masa 3, sector El Limón, ubicado en las coordenadas: X: 625498 Y: 9512126



CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO: El movimiento está caracterizado como deslizamiento rotacional, la actividad del movimiento es latente y no cuenta con ninguna medida de estabilización, la evolución del deslizamiento es retroprogresivo y la velocidad es lenta.

El terreno presenta alta humedad debido a que la roca está altamente meteorizada y fracturada, por lo que es mucho más fácil la infiltración del agua a niveles inferiores, contribuyendo así a la inestabilidad del terreno. La pendiente de la ladera es de 70º. La dirección del movimiento es N30W.

LITOLOGÍA: El movimiento presenta arena arcillosa que está depositada sobre andesita que pertenece a la formación Celica.

Este movimiento en masa se encuentra cerca del sector El Limón, ***(Ver Anexo 11)***, el movimiento se lo caracteriza como caída de rocas, este tiene el ancho menor que la longitud, la actividad en la que se encuentra es activo, donde la velocidad del movimiento es lenta.

El factor disparador de estos movimiento son los cambios de temperatura y las precipitaciones, la causa probable es el corte para el desarrollo del Canal de Riego.

Los principales daños ocasionados por los movimientos en masa es la afectación al Canal de Riego y a la vía local, además cabe mencionar que los mismos no presentan estabilización visible.

5.11. Resultado del Objetivo Tres.

Determinar las propiedades físico –mecánicas del terreno a lo largo del canal de Riego Macará en el Tramo La Bocana - El Limón.

Para el análisis geotécnico se realizó la excavación de 36 calicatas a lo largo del sector de estudio, de las cuales se recolecto una muestra por cada calicata con el fin de determinar las características geotécnicas del terreno.

El resultado del análisis de laboratorio se presenta en las siguientes tablas.

Resultados de Análisis Geotécnico de las Muestras

Tabla 13. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 1.

Muestra 1: Calicata 1			**Coordenadas**	
			X = 623 200 **Y =** 9 514 730	
Parámetros	**Altura**	**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		7.23 %	5.89 %	5.88 %
Granulometría	Grava	2 %	4 %	18 %
	Arena	75 %	77 %	66 %
	Finos	23 %	19 %	16 %
Limite Liquido		0 %	0 %	0 %
Limite Plástico		0	0	0
Clasificación SUCS		SM	SM	SM
Clasificación AASHTO		A-2-4	A-1-b	A-1-b
Índice DCP		3,2 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 14. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 2.

Muestras 2-3-4-5-6: Calicatas 2-3- 4-5-6.			**Coordenadas**	
			X = 622 980 **Y =** 9 524 288	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		8.53 %	7.05 %	7.66 %
Granulometría	Grava	45 %	45 %	44 %
	Arena	15 %	16 %	16 %
	Finos	40 %	39 %	40 %
Limite Liquido		35 %	37 %	38 %
Limite Plástico		19	21	23
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-6
Índice DCP		4 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 15. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 3.

Muestra 3: Calicata 3			**Coordenadas**	
			X = 623 024 **Y =** 9 514 086	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		9.01 %	10.67 %	10.44%
Granulometría	Grava	35 %	29 %	20 %
	Arena	16 %	18 %	19 %
	Finos	49 %	53 %	61 %
Limite Liquido		48 %	50 %	48 %
Limite Plástico		30	29	29
Clasificación SUCS		CL	CH	CL
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		9 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 16. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 4.

Muestra 4: Calicata 4			**Coordenadas**	
			X = 623 235 **Y =** 9 513 899	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		6.68 %	6.03 %	6.15 %
Granulometría	Grava	30 %	38 %	20 %
	Arena	26 %	26 %	26 %
	Finos	44 %	36 %	54 %
Limite Liquido		29 %	30 %	28 %
Limite Plástico		11	14	10
Clasificación SUCS		GC	GC	CL
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-4
Índice DCP		16 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 17. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 5.

Muestra 5: Calicata 5			**Coordenadas**	
			X = 623 548 **Y =** 9 513 775	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		7.71 %	7.11 %	7.63 %
Granulometría	Grava	41 %	35 %	80 %
	Arena	22 %	24 %	17 %
	Finos	37%	41%	3 %
Limite Liquido		38 %	37 %	40 %
Limite Plástico		19	18	20
Clasificación SUCS		GC	GC	GW o GP
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-2-6
Índice DCP		7 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 18. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 6.

Muestra 6: Calicata 6			**Coordenadas**	
			X = 623 838 **Y =** 9 513 343	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		5.18 %	4.70 %	6.73 %
Granulometría	Grava	36 %	33 %	42 %
	Arena	40 %	48 %	37 %
	Finos	25 %	19 %	21 %
Limite Liquido		0 %	0 %	0 %
Limite Plástico		0	0	0
Clasificación SUCS		SM	SM	GM
Clasificación AASHTO		A-2-4	A-2-4	A-2-4
Índice DCP		47 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 19. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 7.

Muestra 7: Calicata 7			**Coordenadas**	
			X = 624 374 **Y =** 9 513 135	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		12.84 %	10.75 %	12.51 %
Granulometría	Grava	3 %	37 %	34 %
	Arena	9 %	10 %	10 %
	Finos	88 %	53 %	56 %
Limite Liquido		50 %	49 %	48 %
Limite Plástico		26	31	29
Clasificación SUCS		CH	CL	CL
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		9.5 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 20. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 8.

Muestra 8: Calicata 8			**Coordenadas**	
			X = 624 410 **Y =** 9 512 830	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		6.50 %	10.50 %	12.35 %
Granulometría	Grava	30 %	36 %	40 %
	Arena	8 %	11 %	12 %
	Finos	62 %	53 %	48 %
Limite Liquido		53 %	62 %	65 %
Limite Plástico		28	38	42
Clasificación SUCS		CH	CH	GC
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		3,5 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 21. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 9.

Muestra 9: Calicata 9			**Coordenadas**	
			X = 624 637 **Y =** 9 512 537	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		11.62 %	13.76 %	5.49 %
Granulometría	Grava	37 %	11 %	44 %
	Arena	5 %	7 %	16 %
	Finos	58 %	82 %	40 %
Limite Liquido		51%	56 %	40 %
Limite Plástico		27	34	13
Clasificación SUCS		CH	CH	GM
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-6
Índice DCP		9 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 22. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 10.

Muestra 10: Calicata 10			**Coordenadas**	
			X = 625 005 **Y =** 9 512 419	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		10.19 %	11 %	10.55 %
Granulometría	Grava	54 %	51 %	45 %
	Arena	7 %	4 %	7 %
	Finos	39 %	45 %	48 %
Limite Liquido		49 %	49 %	58 %
Limite Plástico		28	30	39
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		14 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 23. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 11.

Muestra 11: Calicata 11			**Coordenadas**	
			X = 625 409 **Y =** 9 512 190	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		6.86 %	6.75 %	6.72 %
Granulometría	Grava	12 %	29 %	45 %
	Arena	49 %	45 %	30 %
	Finos	39 %	26 %	25 %
Limite Liquido		34 %	33 %	31 %
Limite Plástico		14	15	12
Clasificación SUCS		SC	SC	GC
Clasificación AASHTO		A-6	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		4.5 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 24. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 12

Muestra 12: Calicata 12			**Coordenadas**	
			X = 625 731 **Y =** 9 511 961	
Parámetros / **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		6.48 %	15.42 %	5.98 %
Granulometría	Grava	36 %	49 %	48 %
	Arena	25 %	32 %	30 %
	Finos	39 %	19 %	21 %
Limite Liquido		29 %	31 %	28 %
Limite Plástico		10	15	12
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-4	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		3.8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 25. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 13.

Muestra 13: Calicata 13			**Coordenadas**	
			X = 625 922 **Y =** 9 511 806	
Parámetros / **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.78 %	4.28 %	5.29 %
Granulometría	Grava	43 %	44 %	48 %
	Arena	25 %	29 %	26 %
	Finos	32 %	27 %	26 %
Limite Liquido		31 %	32 %	30 %
Limite Plástico		11	15	14
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-6	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		23 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 26. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 14.

Muestra 14: Calicata 14			**Coordenadas**	
			X = 626 052 **Y =** 9 511 650	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		7.30 %	8.09 %	9.52 %
Granulometría	Grava	36 %	16 %	22 %
	Arena	26 %	32 %	26 %
	Finos	37 %	52 %	52 %
Limite Liquido		32 %	36 %	37 %
Limite Plástico		15	18	18
Clasificación SUCS		GC	CL	CL
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-6
Índice DCP		14 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 27. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 15.

Muestra 15: Calicata 15			**Coordenadas**	
			X = 626 417 **Y =** 9 511 743	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		10.91 %	10.90 %	10.32 %
Granulometría	Grava	13 %	24 %	25 %
	Arena	23 %	18 %	20 %
	Finos	65 %	58 %	55 %
Limite Liquido		42 %	42 %	42 %
Limite Plástico		22	22	22
Clasificación SUCS		CL	CL	CL
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		10 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 28. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 16.

Muestra 16: Calicata 16			**Coordenadas**	
			X = 626 303 **Y =** 9 511 743	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		11.47 %	12.66 %	12.79 %
Granulometría	Grava	28 %	30 %	35 %
	Arena	12 %	13 %	12 %
	Finos	59 %	57 %	53 %
Limite Liquido		48 %	51 %	44 %
Limite Plástico		26	27	28
Clasificación SUCS		CL	CH	CL
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 29. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 17.

Muestra 17: Calicata 17			**Coordenadas**	
			X = 626 433 **Y =** 9 510 979	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		11.26 %	12.12 %	11.86 %
Granulometría	Grava	3 %	26 %	29 %
	Arena	25 %	20 %	19 %
	Finos	71 %	55 %	52 %
Limite Liquido		44 %	43 %	44 %
Limite Plástico		24	16	25
Clasificación SUCS		CL	ML	CL
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-7-6
Índice DCP		10 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 30. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 18.

Muestra 18: Calicata 18			**Coordenadas**	
			X = 626 725 **Y =** 9 510 572	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.91 %	4.61 %	6.73 %
Granulometría	Grava	35 %	57 %	18 %
	Arena	25 %	24 %	44 %
	Finos	40 %	19 %	38 %
Limite Liquido		39 %	40 %	37 %
Limite Plástico		18	19	15
Clasificación SUCS		GC	GC	SC
Clasificación AASHTO		A-6	A-2-6	A-6
Índice DCP		8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 31. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 19.

Muestra 19: Calicata 19			**Coordenadas**	
			X = 627 117 **Y =** 9 510 491	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.71 %	7.34 %	5.53 %
Granulometría	Grava	35 %	48 %	51 %
	Arena	29 %	29 %	31 %
	Finos	36 %	23 %	18 %
Limite Liquido		39 %	36 %	33 %
Limite Plástico		19	12	11
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-6	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		7.8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 32. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 20.

Muestra 20: Calicata 20			**Coordenadas**	
			X = 627 101 **Y =** 9 510 145	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		5.04 %	4.76 %	4.65 %
Granulometría	Grava	11 %	11 %	16 %
	Arena	48 %	50 %	47 %
	Finos	41 %	39 %	36 %
Limite Liquido		31 %	29 %	31 %
Limite Plástico		13 %	12 %	15 %
Clasificación SUCS		SC	SC	SC
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-6
Índice DCP		5.9 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 33. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 21

Muestra 21: Calicata 21			**Coordenadas**	
			X = 627 305 **Y =** 9 509737	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.86 %	10.29 %	9.78 %
Granulometría	Grava	70 %	49 %	42 %
	Arena	26 %	32 %	36 %
	Finos	4 %	19 %	22 %
Limite Liquido		44 %	40 %	36 %
Limite Plástico		22	14	13
Clasificación SUCS		GW o GP	GM	GC
Clasificación AASHTO		A-2-7	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		2.8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 34. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 22

Muestra 22: Calicata 22			**Coordenadas**	
			X = 627 533 **Y =** 9 509559	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		9.09 %	9.91 %	10.01 %
Granulometría	Grava	2 %	2 %	3 %
	Arena	58 %	52 %	51 %
	Finos	40 %	47 %	46 %
Limite Liquido		35 %	31 %	36 %
Limite Plástico		16	13	17
Clasificación SUCS		SC	SC	SC
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-6
Índice DCP		9,9 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 35. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 23

Muestra 23: Calicata 23			**Coordenadas**	
			X = 627 349 **Y =** 9 509 252	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		11.91 %	10.90 %	10.91 %
Granulometría	Grava	31 %	36 %	40 %
	Arena	27 %	29 %	28 %
	Finos	42 %	35 %	32 %
Limite Liquido		39 %	39 %	36 %
Limite Plástico		21	20	20
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-6	A-6	A-2-6
Índice DCP		9.80 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 36. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 24

Muestra 24: Calicata 24			**Coordenadas**	
			X = 627 313 **Y =** 9 508 966	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		8.93 %	11.43 %	9.29 %
Granulometría	Grava	23 %	15 %	11 %
	Arena	15 %	22 %	28 %
	Finos	62 %	63 %	61 %
Limite Liquido		43 %	46 %	30 %
Limite Plástico		23	26	11
Clasificación SUCS		CL	CL	CL
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-7-6	A-6
Índice DCP		6.40 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 37. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 25

Muestra 25: Calicata 25			**Coordenadas**	
			X = 627 303 **Y =** 9 508 670	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		6.69 %	7.55 %	7.68 %
Granulometría	Grava	40 %	8 %	9 %
	Arena	14 %	47 %	47 %
	Finos	47 %	46 %	44 %
Limite Liquido		48 %	30 %	30 %
Limite Plástico		28	11	11
Clasificación SUCS		GC	SC	SC
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-6	A-6
Índice DCP		8.40 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 38. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 26.

Muestra 26: Calicata 26			**Coordenadas**	
			X = 627 391 **Y =** 9 508 201	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.10 %	6.63 %	8.01 %
Granulometría	Grava	50 %	58 %	50 %
	Arena	32 %	27 %	29 %
	Finos	18 %	15 %	20 %
Limite Liquido		25 %	29 %	27 %
Limite Plástico		8	11	11
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-4	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		10 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 39. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 27

Muestra 27: Calicata 27			**Coordenadas**	
			X = 627 479 **Y =** 9 507 778	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		1.34 %	11.25 %	11.42 %
Granulometría	Grava	57 %	29 %	13 %
	Arena	13 %	32 %	36 %
	Finos	30 %	38 %	51 %
Limite Liquido		0 %	59 %	39 %
Limite Plástico		0	45	21
Clasificación SUCS		GM	SC	CL
Clasificación AASHTO		A-2-4	A-7-6	A-6
Índice DCP		8.40 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 40. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 28.

Muestra 28: Calicata 28			**Coordenadas**	
			X = 627 871 **Y =** 9 507 952	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.55 %	5.97 %	6.20 %
Granulometría	Grava	5 %	61 %	50 %
	Arena	30 %	22 %	28 %
	Finos	65 %	17 %	22 %
Limite Liquido		34 %	36 %	27 %
Limite Plástico		13	15	8
Clasificación SUCS		CL	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-6	A-2-6	A-2-4
Índice DCP		3.8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 41. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 29.

Muestra 29: Calicata 29			**Coordenadas**	
			X = 627 769 **Y =** 9 507519	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		9.36 %	5.71 %	9.28 %
Granulometría	Grava	1 %	59 %	48 %
	Arena	29 %	24 %	43 %
	Finos	70 %	17 %	9 %
Limite Liquido		49 %	38 %	35 %
Limite Plástico		26	18	12
Clasificación SUCS		CL	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-7-6	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		9.60 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 42 Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 30.

Muestra 30: Calicata 30			**Coordenadas**	
			X = 627 770 **Y =** 9 507 523	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		8.31 %	5.71 %	5.71 %
Granulometría	Grava	15 %	59 %	59 %
	Arena	74 %	24 %	24 %
	Finos	11 %	17 %	17 %
Limite Liquido		44 %	38 %	38 %
Limite Plástico		21	18	18
Clasificación SUCS		SC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-7	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		7.20 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 43. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 31.

Muestra 31: Calicata 31			**Coordenadas**	
			X = 628 364 **Y =** 9 508 124	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		6.55 %	7.43 %	9.45 %
Granulometría	Grava	57 %	65 %	35 %
	Arena	24 %	18 %	36 %
	Finos	19 %	16 %	29 %
Limite Liquido		34 %	35 %	35 %
Limite Plástico		16	12	11
Clasificación SUCS		GC	GC	SC
Clasificación AASHTO		A-2-6	A-2-6	A-2-6
Índice DCP		6.8 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 44 Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 32.

Muestra 32: Calicata 32			**Coordenadas**	
			X = 628 708 **Y =** 9 508 810	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		8.35 %	10.46 %	6.45 %
Granulometría	Grava	23 %	22 %	59 %
	Arena	48 %	49 %	33 %
	Finos	29 %	29 %	9 %
Limite Liquido		34 %	33 %	32 %
Limite Plástico		11	8	13
Clasificación SUCS		SC	SM	GC
Clasificación AASHTO		A-2-6	A-2-4	A-2-6
Índice DCP		5.5 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 45. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 33.

Muestra 33: Calicata 33			**Coordenadas**	
			X = 629 078 **Y =** 9 508 810	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		5.98 %	6.83 %	6.83 %
Granulometría	Grava	88 %	63 %	63 %
	Arena	10 %	21 %	21 %
	Finos	2 %	15 %	15 %
Limite Liquido		38 %	30 %	30 %
Limite Plástico		16	9	9
Clasificación SUCS		GW o GP	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-6	A-2-4	A-2-4
Índice DCP		8.1 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 46. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 34.

Muestra 34: Calicata 34			**Coordenadas**	
			X = 629 104 **Y =** 9 508 823	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		7.44 %	7.65 %	7.65 %
Granulometría	Grava	72 %	64 %	64 %
	Arena	17 %	21 %	21 %
	Finos	11 %	15 %	15 %
Limite Liquido		42 %	42 %	42 %
Limite Plástico		18	20	20
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-7	A-2-7	A-2-7
Índice DCP		3.2 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 47. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 35.

Muestra 35: Calicata 35			**Coordenadas**	
			X = 629 663 **Y =** 9 509 494	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		4.09 %	3.98 %	3.10 %
Granulometría	Grava	83 %	73 %	66 %
	Arena	10 %	20 %	24 %
	Finos	7 %	7 %	10 %
Limite Liquido		45 %	39 %	41 %
Limite Plástico		23	17	20
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-7	A-2-6	A-2-7
Índice DCP		1 mm/golpe		

Fuente. La Autora.

Tabla 48. Resultado del análisis geotécnico realizado a la muestra 36.

Muestra 36: Calicata 36			**Coordenadas**	
			X = 629 854 **Y =** 9 509 757	
Parámetros \ **Altura**		**0.50 m**	**1.00 m**	**1.50 m**
Contenido Humedad		3.49 %	4.46 %	3.54 %
Granulometría	Grava	53 %	66 %	66 %
	Arena	32 %	27 %	28 %
	Finos	15 %	7 %	6 %
Limite Liquido		33 %	31 %	30 %
Limite Plástico		12	14	10
Clasificación SUCS		GC	GC	GC
Clasificación AASHTO		A-2-6	A-2-6	A-2-4
Índice DCP		Roca		

Fuente. La Autora.

Tipo de suelos encontrados en el tramo La Bocana-El Limón según la Clasificación SUCS.

GC= gravas arcillosas 52,8 %
CL= arcillas de plasticidad baja 18,52 %
SC= arenas arcillosas 13,9 %
CH= arcillas de alta plasticidad 6,48 %
SM= arenas limosas 5,55 %
GM= gravas limosas 3,70
GW o GP= gravas pobremente gradadas 2,8 %
ML= limos 0, 93 %

Sobre la base de rocas intrusivas como la andesita y tobas andesíticas sometidas a proceso de meteorización, se forman los suelos granulares de color gris claro a gris obscuro.

Según la tabla de clasificación del sistema unificado, la mayor parte del canal de riego Macará se encuentra asentado sobre gravas arcillosas, estas son buenas como terreno de apoyo, tienen una capacidad de carga alta y tienen baja resistencia a la modificación por cambios de humedad.

Tipo de suelos encontrados en el tramo La Bocana-El Limón según la Clasificación AASHTO:

A-2-6=	Gravas arcillosas 27,8%
A-7-6=	Limos 25,93%
A-6=	Arcilla limosa de baja plasticidad 25,93%
A-2-4=	Gravas limosas 10,19%
A-2-7=	Arenas limosas 6,48%
A-4=	Arcilla de baja plasticidad 1,85%
A-1-b=	Arena gruesa muy gravosa 1,85%

Según la tabla de la clasificación AASHTO, el canal de riego Macará se encuentra sobre gravas de baja permeabilidad, las cuales son buenas como base.

Resultados de Análisis de Compactación, DCP y CBR

El ensayo CBR se lo realizó in situ cada 2000 metros a lo largo del canal de riego Macará, para determinar el porcentaje CBR se utilizó la tabla de correlación tabular entre DCP y CBR***. (Ver Cuadro 4).***

Tabla 49. Resultado CBR, Abscisa Km 0+000.

Abscisa Km 0+000		**Coordenadas**	*X=623 200*
			Y=9 514 730
Compactación	*Densidad*	*1,7 Kg/cm^3*	
	Humedad	*16 %*	
Índice DCP		*5 mm/golpe*	
CBR		*48 %*	

Fuente. La Autora.

Tabla 50. Resultado CBR, Abscisa Km 1+000.

Abscisa Km 1+000		**Coordenadas**	*X=623 548*
			Y=9 513 775
Compactación	*Densidad*	*1,9 Kg/cm^3*	
	Humedad	*8.60 %*	
Índice DCP		*7 mm/golpe*	
CBR		*33 %*	

Fuente. La Autora.

Tabla 51. Resultado CBR, Abscisa Km 2+000.

Abscisa Km 2+000		**Coordenadas**	*X=624 410*
			Y=9 512 830
Compactación	*Densidad*	*1.9 Kg/cm^3*	
	Humedad	*14.20 %*	
Índice DCP		*3.5 mm/golpe*	
CBR		*67 %*	

Fuente. La Autora.

Tabla 52. Resultado CBR, Abscisa Km 3+000.

Abscisa Km 3+000		**Coordenadas**	*X=625 922*
			Y=9 511 806
Compactación	*Densidad*	*1,9 Kg/cm^3*	
	Humedad	*10.20 %*	
Índice DCP		*23 mm/golpe*	
CBR		*9 %*	

Fuente. La Autora.

Tabla 53. Resultado CBR, Abscisa Km 4+000.

Abscisa Km 4+000		**Coordenadas**	*X=626 433*
			Y=9 510 979
Compactación	*Densidad*	*1,8 Kg/cm^3*	
	Humedad	*14 %*	
Índice DCP		*10 mm/golpe*	
CBR		*22 %*	

Fuente. La Autora.

Tabla 54. Resultado CBR, Abscisa Km 5+000.

Abscisa Km 5+000		**Coordenadas**	*X=627 305*
			Y=9 509 737
Compactación	*Densidad*	*1,9 Kg/cm^3*	
	Humedad	*12.40 %*	
Índice DCP		*2.5 mm/golpe*	
CBR		*82 %*	

Fuente. La Autora.

Tabla 55. Resultado CBR, Abscisa Km 6+000.

Abscisa Km 6+000		**Coordenadas**	X=627 303
			Y=9 508 670
Compactación	Densidad	2.01 Kg/cm^3	
	Humedad	10.30 %	
Índice DCP		8.40 mm/golpe	
CBR		27 %	

Fuente. La Autora.

Tabla 56. Resultado CBR, Abscisa Km 7+000.

Abscisa Km 7+000		**Coordenadas**	X=627 769
			Y=9 507 519
Compactación	Densidad	2.09 Kg/cm^3	
	Humedad	9.00 %	
Índice DCP		9.60 mm/golpe	
CBR		23 %	

Fuente. La Autora.

Tabla 57. Resultado CBR, Abscisa Km 8+000.

Abscisa Km 8+000		**Coordenadas**	*X=629 071*
			Y=9 508 803
Compactación	*Densidad*	*2.07 Kg/cm^3*	
	Humedad	*10.10 %*	
Índice DCP		*9.4 mm/golpe*	
CBR		*29 %*	

Fuente. La Autora.

a) <u>Interpretación de Datos de las tablas de CBR</u>

Se establece una relación de la calidad cuantitativa-CBR y la ubicación:

Abscisa Km 0+000: CBR bueno con clasificación SM, arena limosa.
Abscisa Km 1+000: CBR bueno con clasificación GC, grava arcillosa.
Abscisa Km 2+000: CBR excelente con clasificación CH, arcilla plástica.
Abscisa Km 3+000: CBR regular con clasificación GC, grava arcillosa.
Abscisa Km 4+000: CBR bueno con clasificación CL, arcilla limosa.
Abscisa Km 5+000: CBR excelente con clasificación GW, grava bien gradada.
Abscisa Km 6+000: CBR bueno con clasificación GC, grava arcillosa.
Abscisa Km 7+000: CBR bueno con clasificación CL, arcilla limosa.
Abscisa Km 8+000: CBR bueno con clasificación GW, grava bien gradada.

El CBR es un método adecuado para determinar la capacidad de soporte de un material en el lugar donde será sometido a las presiones de la estructura que soportará. Según los resultados de laboratorio el terreno en el que se encuentra el canal de Riego Macará muestra un CBR bueno, y sirve como sub base para dicha estructura.

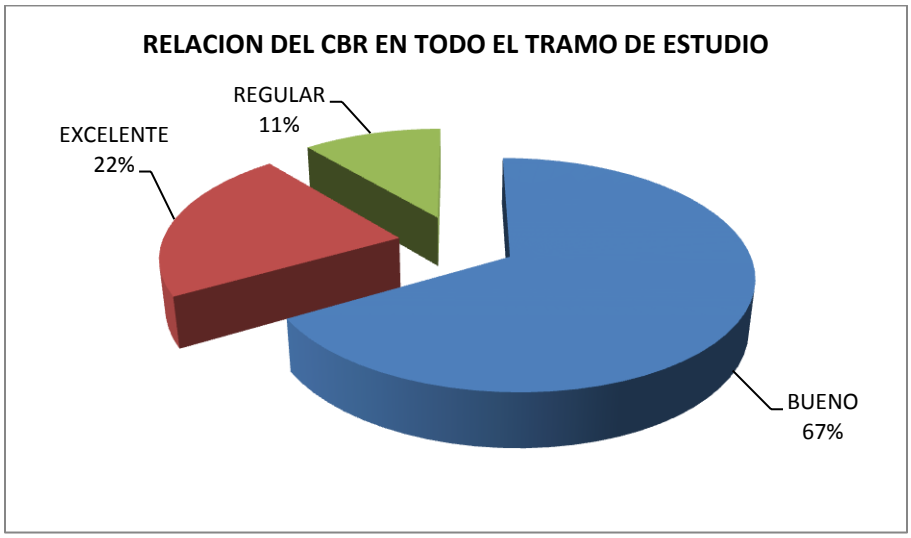
Tabla 58. Resultados del CBR y su clasificación cuantitativa

ABSCISA	% , CBR	CLASIFICACION
Km 0+000	48	BUENO
Km 1+000	33	BUENO
Km 2+000	67	EXCELENTE
Km 3+000	9	REGULAR
Km 4+000	22	BUENO
Km 5+000	82	EXCELENTE
Km 6+000	27	BUENO
Km 7+000	23	BUENO
Km 8+000	29	BUENO

Fuente. La Autora.

Una interpretación totalmente relativa, puede describir que el terreno preferentemente presenta condiciones cuantitativas buenas, seguida de condiciones regulares y excelentes, tal como se muestra en el gráfico 2.

Gráfico 2. Interpretación relativa de la resistencia del tramo de estudio sobre la base del CBR.



Fuente. La Autora.

b. ***Geomecánica de Bienasky***

Posterior a la interpretación de los datos de resistencia del suelo, se procede a caracterizar el macizo rocoso. El propósito de definir el valor del RMR del macizo rocoso, es cuantificar su calidad, determinar sus propiedades para la construcción de obras de ingeniería, así como también proporcionar las bases para las condiciones que presenta las estructura y recomendar procedimientos adecuados de refuerzo.

Con la ayuda de la Ficha para la caracterización de macizos rocosos, ***(Ver Anexo 12),*** se realizó la clasificación Geomecánica RMR, establecida por Bienasky 1989, con el fin de determinar el tipo de roca.

Para el procedimiento cualitativo se especifica de la siguiente manera:

Estimación de Jv (Número de discontinuidades)

Para determinar Jv se cuenta el número de discontinuidades por metro cuadrado, que en el afloramiento número 1 es de 6 discontinuidades.

Estimación de RQD

RQD= 115-3.3*Jv

RQD= 115-3.3*(6)

RQD= 115-19.8=95.2%

A continuación se describen los resultados de la clasificación RMR para el afloramiento encontrado:

Tabla 59. Resultado del RMR al afloramiento 1.

AFLORAMIENTO 1		
X = 628912		**Y =**9506007
Parámetros		**Valor**
1	Resistencia de la Roca	12
2	RQD %	20
3	Espaciado de las discontinuidades	10
4	Condición de las discontinuidades	20
5	Aguas Subterráneas	12
RMR = (12)+(20)+(10)+(20)+(12)		
RMR = 74		
Tipo de Roca = II		
Descripción de la roca: Buena		

Fuente. La Autora.

Utilizando el cuadro número 7 (Clases de macizo rocoso), la roca es de tipo 2, que equivale a buena, tiene una cohesión entre 2-3 Kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de 45 grados.

5.12. Resultado del Objetivo Cuatro.

Determinar el factor de seguridad en uno de los Movimientos en masa del canal de Riego Macará, que sirva como modelo para el resto de Movimientos.

Determinación de Factores de Seguridad – FS-

En el presente trabajo investigativo se plantea determinar el factor de seguridad aplicando el método de ábacos, pero adicionalmente se calcula por el método del talud infinito el movimiento de masa uno y se plantea como ejemplo de rotura planar un talud modelo.

- ✓ **Método de Talud Infinito**

El cálculo del método del Talud infinito se lo aplica al movimiento en masa uno, ubicado en el sector La Bocana, el cual tiene condiciones como que la masa que se desplaza está constituida por un suelo arcilloso, además de presentar humedad alta

Para el cálculo se utilizan los siguientes datos:

Datos:

H = 2,4 m

γ_{sat} = 18,5 $^{KN}/_{m^3}$

c' = 9,6 $^{KN}/_{m^2}$

$\emptyset$ = 15^0

β= 25^0

Se utiliza la siguiente expresión:

$$Fs_{sat} = \frac{C}{\gamma_{sat} * H * Cos^2\beta * Tag\beta} + \frac{\gamma_{seco} * Tag\emptyset}{\gamma_{sat} * Tag\beta}$$

$$Fs_{sat} = \frac{9{,}6\,{}^{KN}/_{m^2}}{18{,}5\,{}^{KN}/_{m^3} * 2{,}4m * Cos^2 25^0 * Tag25^0} + \frac{(18{,}5\,{}^{KN}/_{m^3} - 9{,}81\,{}^{KN}/_{m^3}) * Tag15^0}{18{,}5\,{}^{KN}/_{m^3} * Tag25^0}$$

$$Fs_{sat} = \frac{9{,}6\frac{\cancel{KN}}{\cancel{m^2}}}{18{,}5\frac{\cancel{KN}}{\cancel{m^3}} * 2{,}4\cancel{m} * 0{,}82 * 0{,}46} + \frac{8{,}69\frac{\cancel{KN}}{\cancel{m^3}} * 0{,}26}{18{,}5\frac{\cancel{KN}}{\cancel{m^3}} * 0{,}466}$$

$$Fs_{sat} = \frac{9{,}6}{16{,}74} + \frac{2{,}259}{8{,}621}$$

$$Fs_{sat} = 0{,}57 + 0{,}26 = 0{,}8$$

$$Fs_{sat} = 0{,}8$$

- ✓ **Método de Rotura Planar**

Datos:

H=25,30 m

φt=70^0

φp=30^0 (recomendado por Varnes)

Z= 15 m

Z_W= 8 m

c'= 47,88 KPa → 47,88 $KN/_{m^2}$

γ= 25,14 $KN/_{m^3}$ (peso masa)

γ_w= 9,81 $KN/_{m^3}$(peso agua)

Paso 1. Cálculo de la Resultante A.

$$A = \frac{H - Z}{\text{sen } \psi p}$$

$$A = \frac{25{,}30m - 15m}{\text{sen } 30^0}$$

$$A = \frac{10{,}30m}{0{,}5} = 20{,}60m$$

$$A = 20{,}60m$$

Paso 2. Cálculo de la Resultante *u*.

$$U = \frac{1}{2} * \gamma w * Zw \left(\frac{H - Z}{Sen\ \psi p}\right)$$

$$U = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^3}} * 8\ \cancel{m} * 20{,}60\ \cancel{m}$$

$$U = 808{,}344\ {}^{KN}/_{m}$$

Paso 3. Cálculo de la Resultante V.

$$V = \frac{1}{2} * \gamma w * Zw^2$$

$$V = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^3}} * (8\ m)^2$$

$$V = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^3}} * 64\ \cancel{m^2}$$

$$V = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^3}} * 64\ \cancel{m^2}$$

$$V = 313.92\ {}^{KN}/_{m}$$

Paso 4. Cálculo del Peso *W*

$$W = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{Z}{H}\right)^2}{\tan \psi p} - \frac{1}{\text{tang } \psi t}\right]$$

$$W = \frac{1}{2} * 25{,}14\, {}^{KN}/_{m^3} * (25{,}30m)^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{15m}{25{,}30m}\right)^2}{\tan 30^0} - \frac{1}{\text{tang } 70^0}\right]$$

$$W = \frac{1}{2} * 25{,}14\, {}^{KN}/_{\cancel{m^3}} * 640{,}09\cancel{m^2} * \left[\frac{1 - 0{,}3515}{0{,}57} - \frac{1}{2{,}74}\right]$$

$$W = 8\,045{,}9313\, {}^{KN}/_{m} * \left[\frac{0{,}64}{0{,}57} - \frac{1}{2{,}74}\right]$$

$$W = 8\,045{,}9313\, {}^{KN}/_{m} * (1{,}122 - 0{,}36)$$

$$W = 8\,045{,}9313\, {}^{KN}/_{m} * 0{,}762$$

$$W = 6130{,}99\, {}^{KN}/_{m}$$

Paso 5. Cálculo del Factor de Seguridad

$$FS = \frac{c' * A + (W.\cos\psi p - U - V * \text{sen}\,\psi p) * \tan\psi p}{W * \text{sen}\psi p + V * \cos\psi p}$$

$$FS = \frac{47{,}88\ {}^{KN}/_{m^2} * 20{,}30m + \left(6130{,}99\,{}^{KN}/_{m}.\cos 30^0 - 808{,}344\,{}^{KN}/_{m} - 313.92\ {}^{KN}/_{m} * \text{sen}\ 30^0\right) * \tan 30^0}{6130{,}99\,{}^{KN}/_{m} * \text{sen}30^0 + 313.92\ {}^{KN}/_{m} * \cos 30^0}$$

$$FS = \frac{47{,}88\ {}^{KN}/_{\cancel{m^2}} * 20{,}30\cancel{m} + \left(6130{,}99\,{}^{KN}/_{m}.0{,}86 - 808{,}344\,{}^{KN}/_{m} - 313.92\ {}^{KN}/_{m} * 0{,}5\right) * 0{,}57}{6130{,}99\,{}^{KN}/_{m} * 0{,}5 + 313.92\ {}^{KN}/_{m} * 0{,}86}$$

$$FS = \frac{971{,}964\,{}^{KN}/_{m} + \left(5272{,}65\,{}^{KN}/_{m} - 808{,}344\,{}^{KN}/_{m} - 156{,}96\,{}^{KN}/_{m}\right) * 0{,}57}{3065{,}495\,{}^{KN}/_{m} + 269{,}97\,{}^{KN}/_{m}}$$

$$FS = \frac{971{,}964\,{}^{KN}/_{m} + \left(4307{,}346\,{}^{KN}/_{m}\right) * 0{,}57}{3335{,}465\,{}^{KN}/_{m}}$$

$$FS = \frac{971{,}964\,{}^{KN}/_{m} + 2455{,}187\,{}^{KN}/_{m}}{3335{,}465\,{}^{KN}/_{m}}$$

$$FS = \frac{3427{,}151\,{}^{KN}/_{m}}{3335{,}465\,{}^{KN}/_{m}}$$

$$FS = 1{,}02$$

- ✓ **Método de Ábacos**

Datos:

$R1$= *Resultante*

C'=25 Ton/m^2

γ = 2,61 Ton/m^3

H= 25,30m

$\emptyset$= 43^0

Fs = Factor de Seguridad.

Se realiza los siguientes cálculos:

$$R1 = \frac{C'}{\gamma * H * Tan\theta} \quad (1)$$

$$R1 = \frac{25\ \cancel{Ton/m^2}}{2{,}61\ \cancel{Ton/m^3} * 25{,}30\cancel{m} * Tan\ 43}$$

$$\boldsymbol{R1 = \frac{25}{61.57} = 0,39}$$

$$Y = \frac{Tan\theta}{Fs} \quad (2)$$

$$\boldsymbol{Fs = \frac{Tan\ 43^0}{0,389} = 2,4}$$

$$X = \frac{C'}{\gamma * H * Fs} \qquad (3)$$

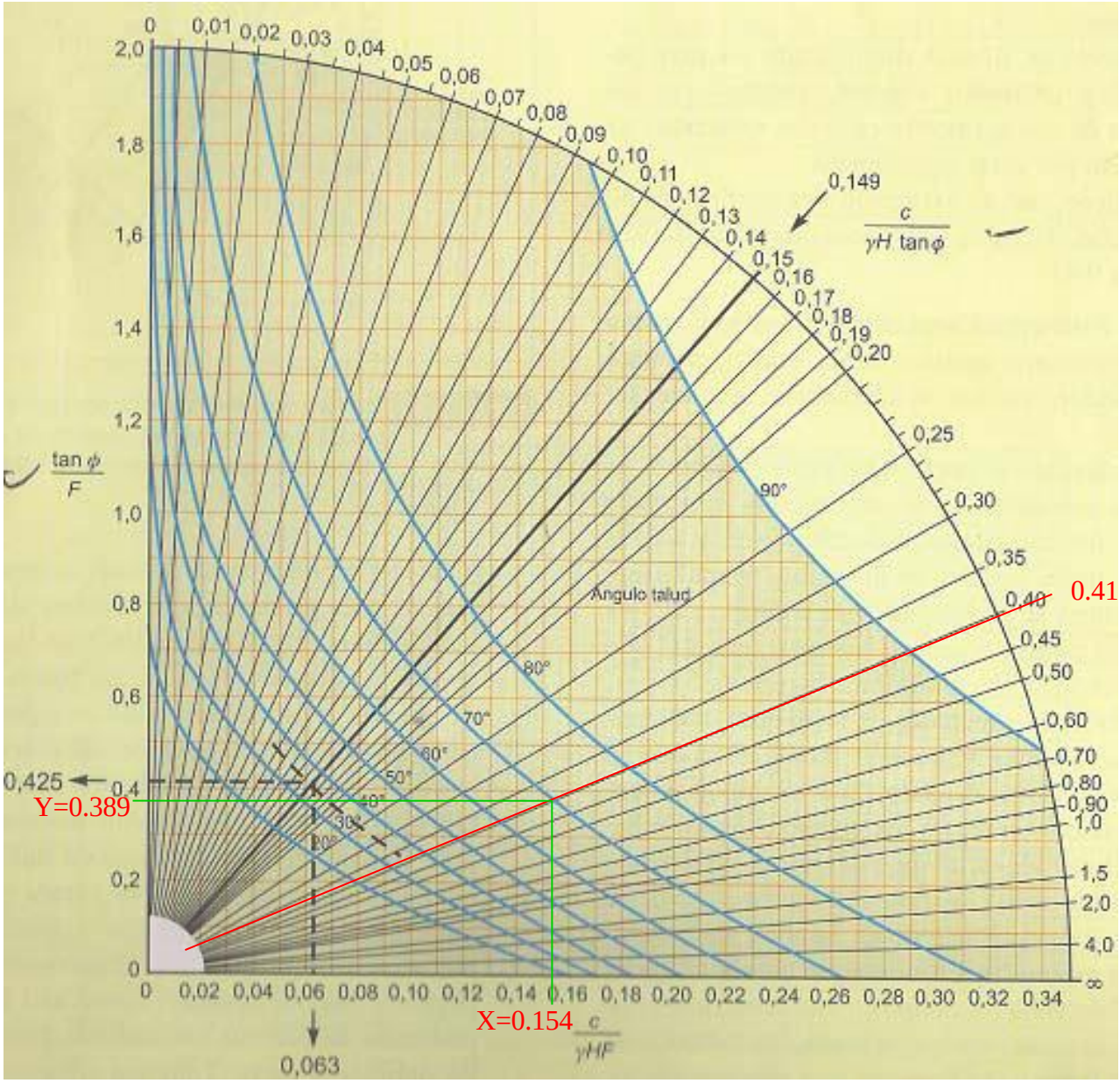
$$Fs = \frac{C'}{\gamma * H * X}$$

$$\mathbf{Fs} = \frac{\mathbf{25\ \cancel{Kg/m^2}}}{\mathbf{2{,}61\cancel{Kg/m^3} * 25{,}30\cancel{m} * 0.154}}$$

Fs= 2,4

La parte gráfica se representa de la siguiente manera:

Figura 9. Abaco para determinar el factor de seguridad.



Fuente. Método de ábacos de Hoek y Bray, 1977

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el sector de estudio mediante la utilización de la estación total Trimble S6 se realizó el levantamiento topográfico a detalle escala 1:1 000, a partir de este levantamiento topográfico se determinó que la topografía del sector de estudio es regular, e8 stos datos han sido corroborados a través de visitas de campo, las cuales confirman la veracidad de dicho levantamiento.

Tomando como base el levantamiento topográfico y complementando con visitas de campo y a través de descripción de afloramientos y la caracterización del macizo rocoso se puede evidenciar una geología no muy compleja, en el sector La Bocana encontramos aluviales pertenecientes a la Quebrada Angashcola, así como también andesitas y tobas andesíticas de coloración gris a café, las cuales se hallan fracturadas. Siguiendo el sentido del Canal de Riego, a la altura de la Quebrada Linderos encontramos de la misma manera aluvial, que se encuentran sobre roca andesita de coloración gris que presentan fracturas. Continuando con el recorrido en el Barrio Vega-Masa se observa la presencia de dos fallas geológicas paralelas, estas están perpendiculares al Canal de Riego, en este sitio se encuentra aflorando una zona de contacto entre tobas andesíticas y andesitas un poco basálticas las cuales se hallan cohesionadas y compactas con una tonalidad verdosa. En el sector del Río Sabiango se encuentra aluviales arrastrados por la corriente del mismo, en este lugar se observa andesitas y tobas andesíticas de una tonalidad verdosa.

Para el análisis geotécnico se realizó 36 calicatas de las cuales se tomó una muestra de cada una, con las cuales se determinó el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, clasificación SUCS y AASHTO, lo cual dio como resultado que a lo largo del Canal de Riego Macará

encontramos en mayor cantidad gravas arcillosas y en menor cantidad arenas limosas, gravas limosas y limos.

El CBR se realizó utilizando la correlación tabular de los resultados del índice DCP con los cuales se evidenció que el terreno en el que se encuentra el canal de Riego Macará muestra un CBR bueno, y sirve como sub base para dicha estructura.

La clasificación geomecánica de Bienasky se realizó con la ayuda de la ficha de Caracterización de macizo rocoso y se determinó que el tipo de roca es II, cuyo equivalente es buena, lo que ha permitido que de alguna manera siga en funcionamiento del canal de riego Macará pese que al momento de su construcción no se realizaron estudios geotécnicos, para evitar que el mismo sufra daños en su estructura o pérdidas de agua en su transcurso.

Para determinar el factor de seguridad primeramente se realizó el inventariado de movimientos en masa, el cual nos da como resultado la presencia de tres movimientos en masa, uno cerca del sector la Bocana el segundo cerca del Barrio Vega-Masa y el tercero antes de llegar al sector de El Limón, a este último se realizó la determinación del factor de seguridad el cual nos dio como resultado un coeficiente de seguridad de 2.4, lo que nos indica que el talud por ser de una roca ígnea en este caso la Andesita se encuentra estable y no necesita una medida de seguridad puesto que este tipo de roca puede soportar ángulos mayores de 45^0.

7. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico a escala 1:1000 permitió representar las principales características del relieve por donde corre el canal de riego Macará, donde la cota más alta es en el sector la Bocana con 524 msnm y la cota más baja es en el sector el Limón con 519 msnm.

- En el sector de estudio se encontró dos afloramientos los cuales al describirse indican que en el sector de estudio existe el predominio de andesita y tobas andesíticas de la formación Celica, la cual es masiva de color verde grisáceo, la misma presenta familias de diaclasas en variadas direcciones lo que ocasiona un fuerte fracturamiento de la roca. Sobre esta roca se encuentran depósitos aluviales, el depósito aluvial que se encuentra constituido por arena y cantos redondeados que van desde 0.5 cm hasta los 30 cm de diámetro.

- Como resultado del inventario de movimientos en masa se determinó la existencia de tres movimientos en masa, el primero se encuentra a 300 metros del sector la Bocana, el cual trata de un deslizamiento de tipo rotacional, mismo que está ocasionando daños a la infraestructura del Canal de Riego y pérdidas de su caudal. El segundo movimiento se trata de un hundimiento ubicado en el sector Vega-Masa, el mismo es causado porque en este sector la infraestructura del Canal de Riego está totalmente deteriorada, por lo que hay desborde de agua, ocasionando serios daños a la mesa de la vía. El tercero es un deslizamiento rotacional ubicado en el sector el Limón, este es ocasionado por actividades antrópicas como

es la apertura de vías y en este caso particular para la construcción del canal de riego, a esto le sumamos los cambios bruscos de temperatura y las precipitaciones.

- Para determinar las propiedades físico-mecánicas del terreno se realizaron 36 calicatas de las cuales se tomó una muestra por cada una de las calicatas, las muestras se las sometió a pruebas de contenido de humedad, limite plástico, límite líquido, análisis granulométrico, clasificación AASTHO y SUCS, los cuales dan como resultado que en el sector de estudio se encuentran un 52.8% de gravas arcillosas y en menor cantidad con un 0.93% encontramos limos, los cuales se encuentran depositadas sobre andesitas de la formación Celica.

- El CBR se lo realizo cada 2000 metros, dando como resultado que el terreno sobre el cual corre el canal de riego Macará presenta condiciones cuantitativas buenas, seguidas de condiciones regulares y excelentes.

- El RMR, utilizado para determinar la calidad de la roca, dio como resultado un tipo de roca II, que equivale a una roca buena.

- El factor de seguridad se lo realizó por el método de Ábacos de Hook y Braey, este método se lo aplico al tercer movimiento en masa cerca del sector el Limón, el mismo que dio como resultado un coeficiente de seguridad de 2.4, lo que implica que el talud del movimiento en masa se ha estabilizado de manera natural, por lo que no necesita ninguna medida de estabilización. Adicionalmente se calculó el factor de seguridad al movimiento de masa uno

utilizando el método de talud infinito, el cual dio como resultado un valor de 0,8 lo que indica que el talud es inestable, además se empleó un talud modelo para aplicar el método de rotura planar el cual dio como resultado 1,02, indicando la estabilidad del terreno..

8. RECOMENDACIONES

- ✓ Observando las características geológicas – geotécnicas del sector, se recomienda que en el área de estudio se realice un estudio geológico-geotécnico a detalle recalcando los datos de ensayos "in situ", esto permitirá la elaboración del diseño definitivo de la reubicación del canal de riego Macará puesto que este se encuentra con deficiencias serias en su estructura.

- ✓ Establecer un proceso adecuado de difusión sobre la forma de trabajo y el manejo del canal mientras se establezca la obra de reubicación del mismo, especialmente en las zonas aledañas, con la finalidad de evitar inconvenientes de orden social con los propietarios, esto podrá evitar que cualquier inconveniente con la reubicación de la nueva obra se convierta en un conflicto social.

- ✓ Se recomienda realizar una capacitación a los moradores del sector para que tomen conciencia y realicen sus actividades agrícolas en sectores estables y no en sectores donde incrementen la inestabilidad del terreno y puedan dar origen a nuevos movimientos en masa.

9. BIBLIOGRAFÍA

MAGAP,. Ministerio de Agricultura Acuacultura y Pesca.

OCHOA, D., Estudio de Impacto Ambiental de la Vía El Limón-La Bocana-La Victoria-Pitayo. Año 2012.

PREDESUR, "Plan de Desarrollo de la Región Sur", 1998 -2003, 2004.

SUÁREZ DÍAZ, **Jaime.**, 1998. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Cap. 2. Procedimientos de Investigación.

TURNBULL Y HVORSLEV, 1967. Métodos de Estabilización de Taludes y Deslizamientos. Pág. 14.

ZURITA RUIZ, José., Obras Hidráulicas. *7ma, edición, Año 1989. Conducciones Libres,* Canales, pág. 113.

PÁGINAS WEB

www.buenastareas.com › Temas Variados – (límites de consistencia).

es.wikipedia.org/wiki/Ingeniería geotécnica – (estudio geotécnico) ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/l2-pi.pdf (humedad natural).

es.wikipedia.org/wiki/Clasificación_granulométrica – (granulometría).

www.ingenieríaRural.com., Cátedra de Ingeniería Rural. (Hidráulica).

http://mail.iniap.ecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=1183&qtype=search&dbinfo=TESIST&words=ARROZ

www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-11.pdf (aastho).

10. ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Ficha para la Descripción de Afloramientos

Anexo 2. Ficha de Inventario de Movimientos en Masa.

Anexo 3.
Topografía General.

Anexo 4.
Hidrología.

Anexo 5. Geología.

Anexo 6. Geomorfología.

Anexo 7. Clasificación Taxonómica del Suelo.

Anexo 8. Clasificación Geológica del Suelo.

Anexo 9.
Uso del Suelo.

Anexo 10.
Topografía Local.

Anexo 11. Ubicación de Movimientos en Masa.

Anexo 12. Caracterización del Macizo Rocoso.

Anexo 13.
Proyecto.