

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 1 de 77		

N° INFORME	1	FECHA INFORME:	30/Noviembre/2022
TIPO DE INFORME GEOTÉCNICO:	ESTRUCTURAS		
PROYECTO:	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SEDE DEL SENA ALTO SINU, MUNICIPIO DE TIERRALTA.		
CLIENTE:	CLIENTE:	URRA SA E.S. P	
	DIRECCIÓN:	TIERRALTA - CÓRDOBA	

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	MOTIVO DEL CAMBIO	RUTA DE ATENCIÓN A OBSERVACIONES	FECHA DEL CAMBIO



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 2 de 77		

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO	6
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.	7
3.1. Localización	7
3.2. Topografía y clima	7
3.3. Geología y Geomorfología del Sitio	10
3.3.1. Marco geológico regional	11
3.4. Geomorfología	12
3.4.1. Puntos críticos	14
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	16
5. TRABAJO DE CAMPO, EXPLORACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO	17
6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO	30
6.1. Potencial de Expansión	30
6.2. Análisis de Licuación	41
7. MANEJO DE AGUAS	44
8. PARÁMETROS SÍSMICOS	45
9. FORMULACIÓN PARA LOS PARÁMETROS DE DISEÑO	47
9.1. Módulo de deformación de los suelos	47
9.2. Parámetros de resistencia a partir del SPT	48
9.3. Revisión bibliográfica para la estimación de parámetros de diseño	50
10. ANÁLISIS GEOTÉCNICOS	59
10.1. Cimentación Superficial	59
10.1.1 Verificación de capacidad portante	60
10.2. Consideraciones para el cálculo de los Asentamientos	61
10.2.1 Verificación de Asentamientos	65
11. ANÁLISIS RESULTADOS ENSAYO CBR Y RECOMENDACIÓN DE MEJORAMIENTO	66
11.1. Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante	67
12. ANÁLISIS DE ZONAS DURAS-PLACAS	69
12.1. Metodología	69
12.2. Estructura recomendada	70
12.3. Características geométricas de la losa de concreto hidráulico	71
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	73
14. LIMITACIONES	76

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 3 de 77		

ANEXOS

77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de ubicación estudio	7
Figura 2. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.....	8
Figura 3. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.	9
Figura 4. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.....	10
Figura 5. Mapa geológico y de formaciones superficiales Municipio de Tierralta..	12
Figura 6. Perfil tipo de depósitos aluviales.	13
Figura 7. Geología del sitio de la obra.....	14
Figura 8. fallas geológicas del sitio de la obra	15
Figura 9. Localización de las perforaciones y apiques en el lote del proyecto.	18
Figura 10. Exploración en campo y extracciones de muestras.	20
Figura 11. Resumen resultados de ensayos de laboratorio - Sondeos (Contenido de gua, % pasa tamiz N°4 y % pasa tamiz N°200).	24
Figura 12. Resumen resultados de ensayos de laboratorio - Sondeos (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plasticidad).	25
Figura 13. Resumen resultados de ensayos de laboratorio - Apiques (Contenido de gua, % pasa tamiz N°4 y % pasa tamiz N°200).	28
Figura 14. Resumen resultados de ensayos de laboratorio – Apiques (Límite Líquido, Límite Plástico y Índice Plasticidad).	29
Figura 15. Humedad de equilibrio, Wequi Vs Humedad natural, Wn- Apiques.....	34
Figura 16. Humedad de equilibrio, Wequi Vs Humedad natural, Wn- Sondeos.....	39
Figura 17. Correlación entre la resistencia al corte no drenado y el módulo de elasticidad no drenado	47
Figura 18. Relación S_u/σ'_p de Mesri (1975)	54
Figura 19. N corregido contra profundidad.....	55
Figura. 20. Ángulos de fricción obtenidos a partir del SPT.	56
Figura. 21. Ángulos de fricción a partir de la metodología de González (1999).....	57
Figura 22. Esquema explicativo para análisis de asentamientos inmediatos.....	62
Figura 23. Resultados de CBR-Subrasante.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las exploraciones.	17
Tabla 2. Programa de exploración y ensayos.	18
Tabla 3. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio-Sondeos.....	23
Tabla 4. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio-Apiques.....	27

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 4 de 77		

Tabla 5. Clasificación suelos expansivos. Fuente: NSR-10, Capítulo H.9 Tabla H.9.1	30
Tabla 6. Presión probable de expansión de campo (Apiques).....	33
Tabla 7. Presión probable de expansión de campo (Sondeos)	38
Tabla 8. Resultados Análisis de Licuación.	43
Tabla 9. Clasificación de los perfiles de suelo. Fuente NSR-10 Tabla 2.4-1	45
Tabla 10. Valores de Aa, Fa, Av y Fv.	46
Tabla 11. Coeficiente de importancia.....	46
Tabla 12 Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young (E) en suelos granulares a partir del ensayo SPT.....	48
Tabla 13. Propuestas para el factor de corrección por confinamiento.....	49
Tabla 14 Propuestas para el cálculo del ángulo de fricción equivalente.	50
Tabla 15. Propiedades geotécnicas para diferentes tipos de material (Geociencias Library, 2005).	51
Tabla 16. Rangos típicos del módulo de elasticidad y relación de Poisson para distintos suelos (Das. B. 2001).	52
Tabla 17. Constantes elásticas de algunos suelos (U.S. Department of the Navy 1982 y Bowles 1982).	52
Tabla 18. Ecuaciones de correlación del índice de compresibilidad (Cc) en suelos (Bowles 1997).	53
Tabla 19. Parámetros para el análisis geotécnico-Resistencia	58
Tabla 20. Parámetros para el análisis geotécnico- Compresibilidad.....	58
Tabla 21. Parámetros del material de fundación para el cálculo de la cimentación.....	60
Tabla 22. Verificación de capacidad portante Df=1.00m.	61
Tabla 23. Verificación de asentamientos Df=1.00m.	65
Tabla 24. Resultados de CBR.	66
Tabla 25. estructura de pavimento propuesta en los estudios.	70

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

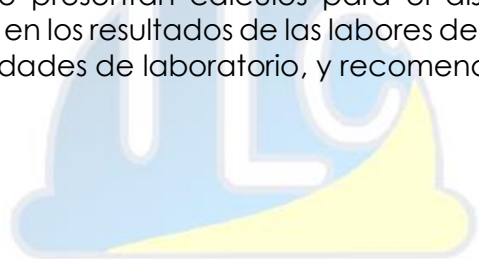
CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 5 de 77		

1. INTRODUCCIÓN

Cualquier proyecto de construcción debe involucrar como parte de los estudios y diseños necesarios para llevarlo a feliz término un estudio de mecánica de suelos. La importancia de este estudio radica en el hecho de que todas las estructuras están soportadas por la masa de suelo y por lo tanto se hace necesario conocer las propiedades y características mecánicas de los elementos que lo constituyen.

En este documento se presentan los resultados del estudio de suelos y cimentaciones para la **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SEDE DEL SENA ALTO SINU, MUNICIPIO DE TIERRALTA.**

El documento contiene la localización y generalidades del proyecto, las condiciones geológicas, y las condiciones de respuesta sísmica esperadas en la zona. Adicionalmente se presentan cálculos para el diseño de la cimentación recomendada, basados en los resultados de las labores de exploración geotécnica y resultados de las actividades de laboratorio, y recomendaciones generales para las zonas duras.



INGELABCON S.A.S.
Confiable en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 6 de 77		

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO

- ❖ Presentar los resultados del estudio de suelos correspondiente a la **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SEDE DEL SENA ALTO SINU, MUNICIPIO DE TIERRALTA**; con el fin de que las diferentes especialidades involucradas en el proyecto apliquen la información sobre las características físico-mecánicas del subsuelo.
- ❖ El propósito del informe es realizar una investigación en campo y en laboratorio de las características físicas y mecánicas de los diferentes estratos de suelo encontrados en los sondeos con el fin de determinar la competencia mecánica de los mismos.
- ❖ Realizar clasificaciones de suelos y obtener los parámetros de resistencias respectivos para el cálculo de la capacidad del suelo de fundación.
- ❖ Observar los niveles de aguas freáticas o aguas de infiltración, para de esta manera tenerlos en cuenta y plantear las alternativas del manejo de estas para controlar problemas de carácter constructivo y de capacidad de soporte.
- ❖ Evaluar la susceptibilidad a la expansión de los suelos encontrados en los sondeos, con el fin de sugerir si es el caso las recomendaciones necesarias con el fin de controlar los posibles efectos de la expansividad.
- ❖ Hacer recomendaciones del proceso constructivo tales como excavaciones y manejo de aguas freáticas.
- ❖ Evaluar el potencial a la licuación de estratos arenosos que se puedan encontrar en el sitio.
- ❖ Evaluar la posibilidad de que se presenten suelos expansibles en el sitio objeto de estudio.
- ❖ Realizar recomendaciones para las zonas duras.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 7 de 77		

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1. Localización

A continuación, se muestra una imagen satelital de la ubicación general del proyecto:



Figura 1. Imagen satelital de ubicación estudio¹

3.2. Topografía y clima

La topografía del terreno es montañosa en su mayor parte y está comprendido entre las serranías de Abibe y San Jerónimo, sin embargo, al norte se encuentran algunos sectores planos. Recorren el territorio numerosas corrientes, entre ellas los ríos Sinú, Manso, Verde, Esmeralda, Madre de Dios, Salvalín y Charudosos, además de las quebradas El Guamo, Caimán, Chontaduro, El Socorro, El Viejo, La Balsita, Pechindé, La Luna, Saiza, Mutatá, La Pita, entre otras.

¹ Imagen obtenida mediante GOOGLE EARTH (Nota: Las imágenes de Google EARTH no son en tiempo real)

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 8 de 77		

Sus tierras se distribuyen entre los climas cálido y templado, la humedad relativa promedio anual es de 83% y la temperatura promedio anual es de 26,6°C, siendo marzo el mes de mayor temperatura y octubre el de menor. La precipitación media anual es de 1.949 mm, está asociada a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y se distribuye en un régimen monomodal que se extiende entre los meses de abril a noviembre, siendo mayo el mes más lluvioso. En su jurisdicción se encuentra el Parque Nacional Natural Paramillo.

El municipio presenta problemática ambiental en la cuenca del río Sinú, por el vertimiento de aguas residuales sin tratar, por disposición final de basuras en botaderos a cielo abierto y por ganadería extensiva, además existen amenazas por inundaciones.

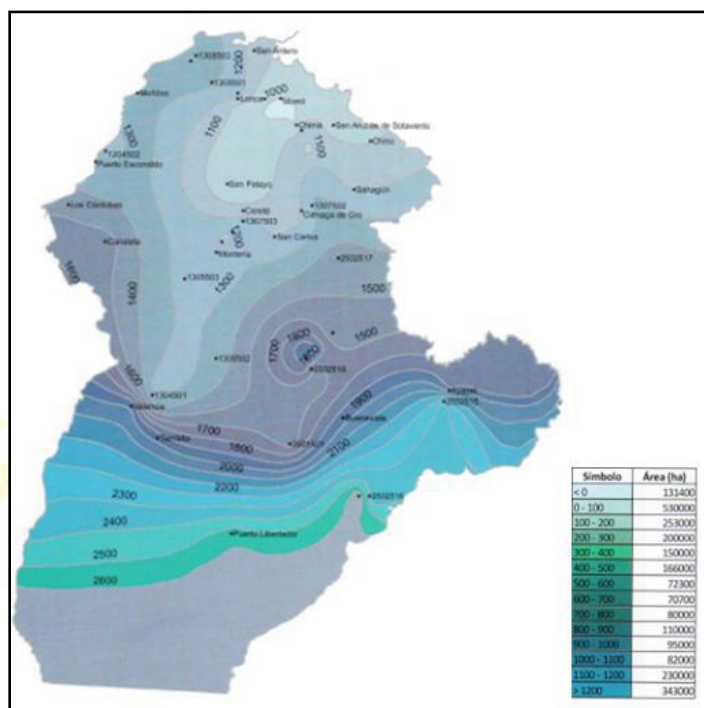


Figura 2. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.

La temperatura media anual es de 26.4°C, bastante uniforme, así como las variaciones durante el curso del año, superan en 1oC la media anual. Las temperaturas extremas también tienen un comportamiento uniforme durante el año, presentándose los valores máximos en los meses de marzo y abril y los valores mínimos en el mes de noviembre.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 9 de 77		

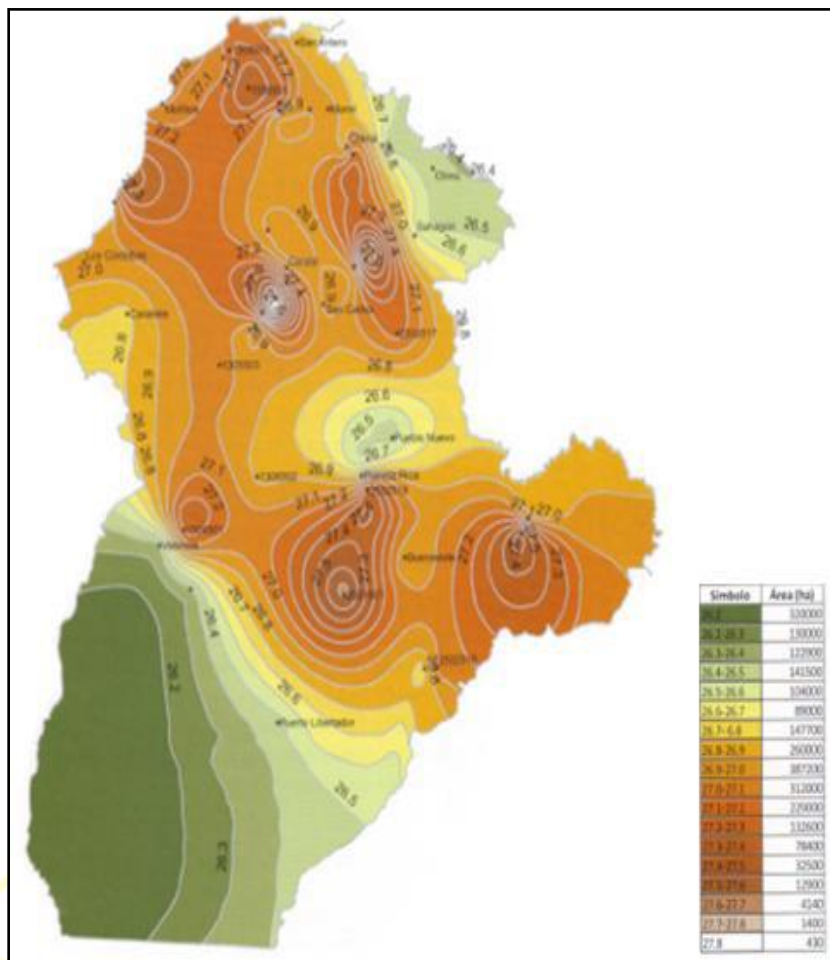


Figura 3. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), la evapotranspiración es un elemento climático que se analiza en el balance hídrico climático y permite determinar las pérdidas de agua en una superficie de suelo. La cuantificación de las pérdidas es indispensable para el cálculo del agua disponible en el suelo, para ser utilizada por las plantas en su crecimiento y producción.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 # 1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

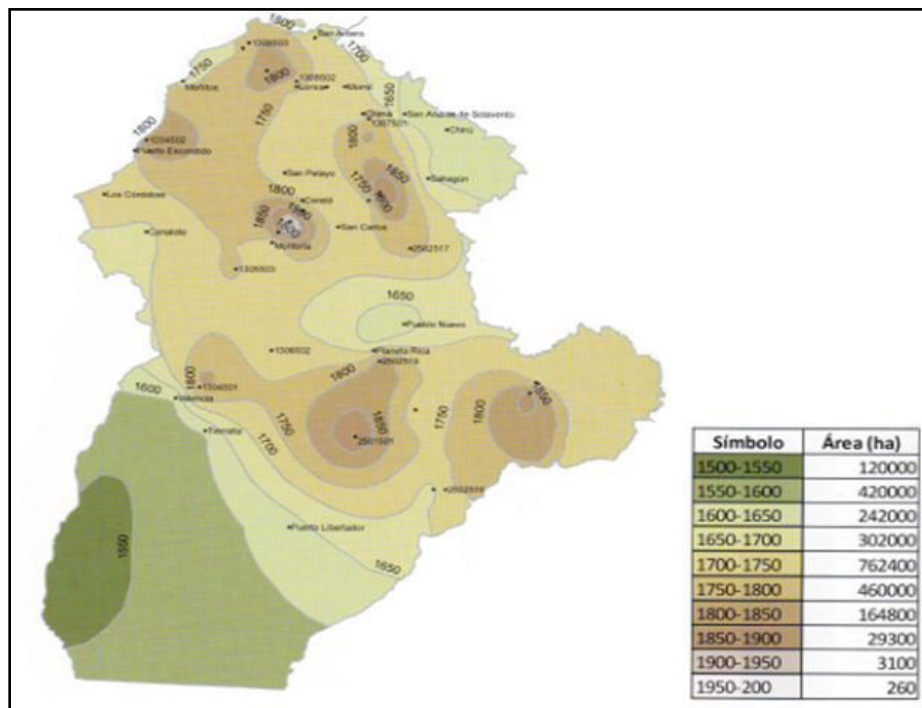


Figura 4. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.

De acuerdo con la clasificación climática, el municipio se ubica en el clima cálido Húmedo, Unidad climática ubicada en el sector sur del departamento, donde están localizadas las cabeceras municipales de Ayapel, Buenavista, La Apartada, Montelíbano, Planeta Rica, Puerto Libertador, Tierralta y Valencia.

3.3. Geología y Geomorfología del Sitio

La estratigrafía es el estudio sistemático de las rocas de la corteza terrestre (Robinson, 1990). Se presenta de manera organizada en el tiempo geológico las unidades litológicas y las formaciones superficiales, desde la más antigua a la más joven. Una unidad litológica es un cuerpo rocoso que presenta características de composición química y mineralógica más o menos homogéneas, tiene límites definidos con otras unidades y una edad de formación y origen determinados.

A continuación, se presentan el marco geológico regional y posteriormente la descripción de las unidades presentes en el municipio.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 11 de 77		

3.3.1. Marco geológico regional

El marco geológico regional del Municipio de Tierralta está enmarcado por diversos eventos que solo recientemente han venido a formar un solo bloque tectónico y le imprimen a la zona de estudio diversas características que están en función, tanto del origen como de la composición de los bloques tectónicos.

La zona noroccidental de Colombia se ha dividido en dos elementos geotectónicos principales (Duque-Caro, 1980): el primero representa una región estable de plataforma ubicada al oriente (esta coincide con el Valle Inferior del Magdalena) que suprayace una corteza continental no plegada, y el segundo una región inestable o geosinclinal al occidente, la cual comprende los Cinturones de San Jacinto y está conformado de sur a norte por los anticlinorios de San Jerónimo, San Jacinto y Luruaco y Sinú, separados por el lineamiento de Sinú, interpretado por Duque-Caro (1980) como un paleosurco marginal al Cinturón de San Jacinto, que suprayace una corteza oceánica plegada.

De acuerdo con el contexto geológico regional y de acuerdo con su configuración actual, al sur del departamento las unidades litológicas pertenecen al extremo septentrional de la Cordillera Occidental y su límite con la Cordillera Central separado entre sí por el extremo occidental del Sistema de Fallas Romeral, denominado Falla Cauca-Almaguer. La Cordillera Occidental está constituida por rocas volcánicas de afinidad oceánica, mientras que la Central lo está por un complejo polimetamórfico intruido por stocks gabroides.

La parte Suroccidental limita con la Cuenca de Urabá y hace parte del Bloque Chocó (DUQUE, 1984b, 1990a) caracterizado por rocas sedimentarias marinas del Oligoceno al Plioceno, especialmente arcillolitas y areniscas, y depósitos aluviales del Cuaternario (ROJAS, 1968).

Todos estos accidentes geográficos y demás eventos que afectan la zona de estudio se encuentran separados dentro del Departamento de Córdoba por regiones geotectónicas.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 12 de 77		

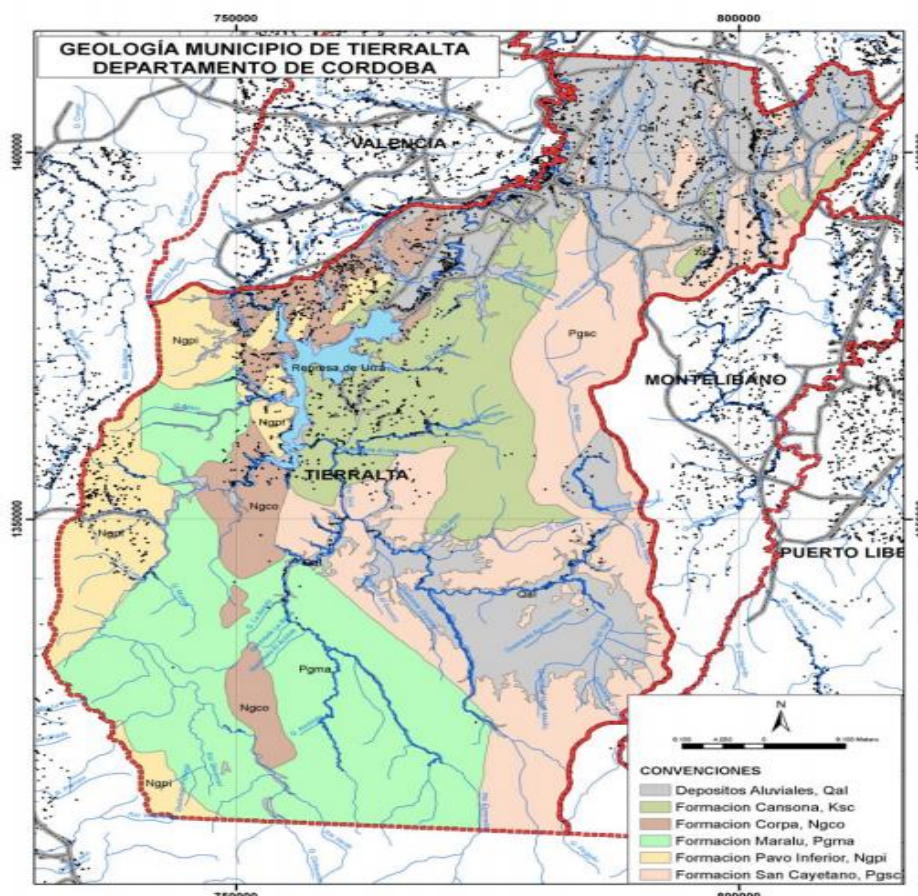


Figura 5. Mapa geológico y de formaciones superficiales Municipio de Tierralta.

Desde el punto de vista geológico, el corregimiento se ubica sobre depósitos aluviales recientes, asociados a la dinámica de la quebrada Juí, estos depósitos conforman terrazas, orillares, bajos, valles aluviales, entre otras unidades que se diferencian en el numeral de la geomorfología.

3.4. Geomorfología

De acuerdo con su geomorfología Corresponde a una llanura aluvial. Se caracteriza por sedimentaciones sucesivas de diversa granulometría que provienen del río Sinú y sus afluentes. Los materiales minerales de los suelos con pendientes menores al 3% son heterogéneos (Arena, limo, arcilla).

Los suelos de planicie aluvial son profundos a moderadamente profundos, limitados por la fluctuación del nivel freático y por la presencia de piedra. Presentan un grado bajo de desarrollo ya que por tener un alto contenido de arcilla son

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 # 1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 13 de 77		

generalmente masivos. Poseen color grisáceo o azulado, debido a la baja oxidación del hierro por el mal drenaje y la mala aireación.

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto. (Ver Figura 6.)

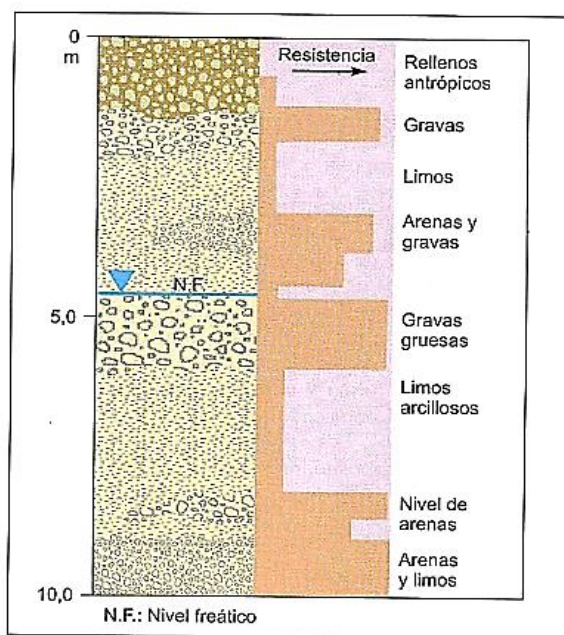


Figura 6. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica"

En específico el sitio donde se localiza la obra se encuentran sobre los siguientes depósitos:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 14 de 77		

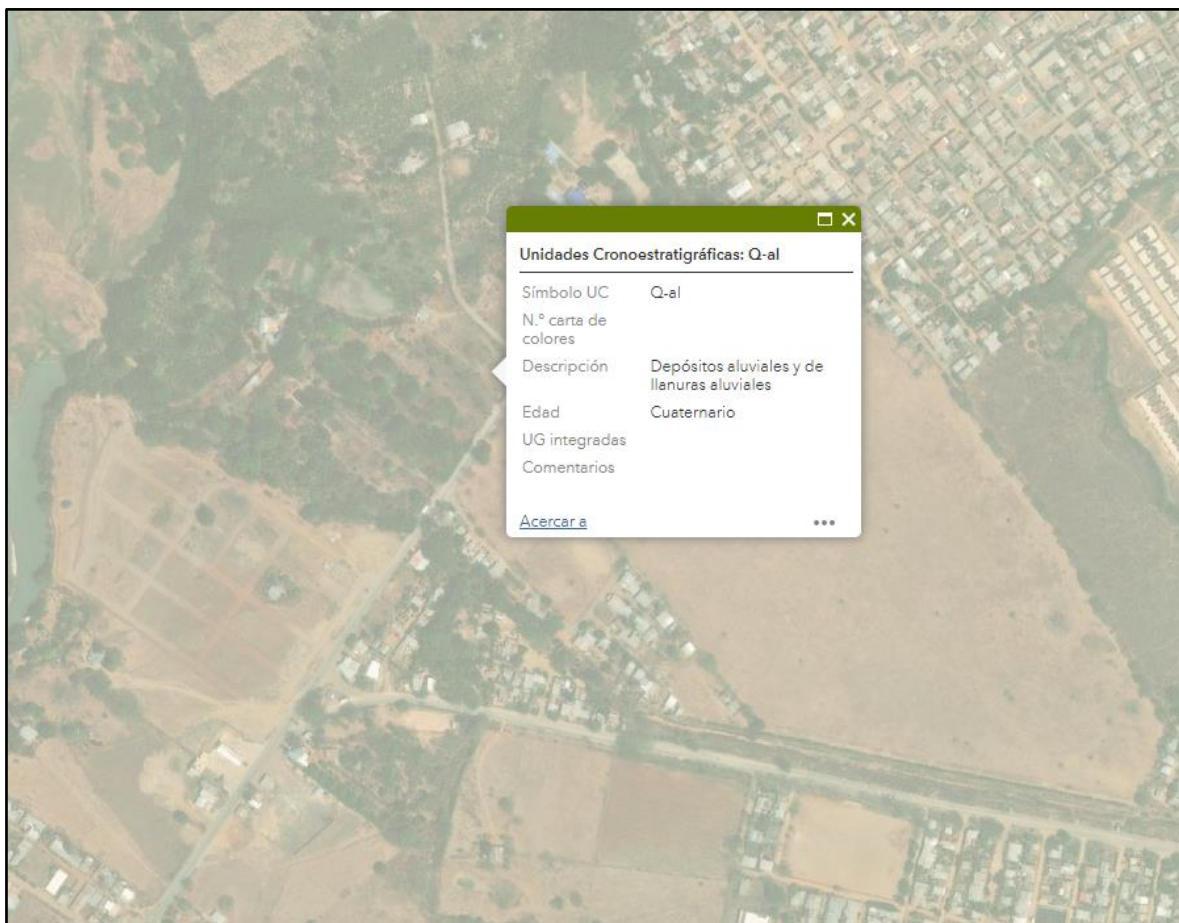


Figura 7. Geología del sitio de la obra²

Los cuales corresponden a:

Q-al: Depósitos aluviales y de llanuras aluviales.

3.4.1. Puntos críticos

El mapa geológico de Colombia desarrollado por el INGEOMINAS presenta las principales fallas geológicas, pliegues, fallas tectónicas, volcanes y unidades cronoestratigráficas. A continuación, se localiza la zona de influencia del proyecto sobre el Shape file desarrollado por el Servicio Geológico Colombiano.

² Imagen obtenida mediante GOOGLE EARTH (Nota: Las imágenes de Google EARTH no son en tiempo real)

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 15 de 77		



Figura 8. fallas geológicas del sitio de la obra³

En la imagen se tiene que no se encuentran fallas geológicas dentro del área de influencia del proyecto, por lo tanto, no se presentan riesgos para la estabilidad de la estructura.

³ Mapa Geológico de Colombia escala 1M 2015

(http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Mapa_Geologico_colombiano_2015/)

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 16 de 77		

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata de la **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SEDE DEL SENA ALTO SINU, MUNICIPIO DE TIERRALTA.**

Consta de la siguiente unidad constructiva:

- Zonas duras
- Cubierta - Cafetería
- Administración
- Aulas
- Servicio



INGELABCON S.A.S.
Confiable en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 17 de 77		

5. TRABAJO DE CAMPO, EXPLORACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO

La empresa INGELABCON S.A.S, realizó un estudio de mecánica de suelos en el municipio de Tierralta, Córdoba.

Para esto se ordenó la realización de siete (7) sondeos a una profundidad de 6.00 metros, presentando rechazo a una profundidad de 2.00 y 3.00 metros en los diferentes sondeos, además se realizaron cuatro (4) apiques para la extracción de muestras en moldes para la realización del ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio) a una profundidad de 1.50 m, se realizaron en las zonas donde se llevará a cabo el proyecto ya mencionado, tomando muestras SPT con una separación máxima de 1.0 metro entre ellas.

La localización de la exploración geotécnica realizada se presenta en la Tabla 1.

PUNTO	COORDENADAS	
	OESTE	NORTE
SONDEO 1	76°4'13.03"	8°9'54.50"
SONDEO 2	76°4'12.10"	8°9'53.78"
SONDEO 3	76°4'12.36"	8°9'55.68"
SONDEO 4	76°4'13.18"	8°9'56.26"
SONDEO 5	76°4'12.30"	8°9'57.14"
SONDEO 6	76°4'11.67"	8°9'56.71"
SONDEO 7	76°4'10.67"	8°9'56.00"
APIQUE 1	76°4'13.90"	8°9'55.37"
APIQUE 2	76°4'13.35"	8°9'55.57"
APIQUE 3	76°4'11.29"	8°9'54.96"
APIQUE 4	76°4'10.86"	8°9'56.73"

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las exploraciones.

La exploración de campo se realizó mediante la utilización de un equipo de percusión, permitiendo realizar pruebas de SPT. De cada perforación se obtuvo muestras representativas del terreno cada metro de profundidad aproximadamente, con el fin de llevarlas al laboratorio para realizarles las pruebas necesarias para identificar las propiedades y características del terreno.

Se realizó en campo ensayos de clasificación preliminar. Todas las perforaciones realizadas se realizaron dentro del área del proyecto ya mencionado. El programa de exploración en campo y las pruebas de laboratorio contemplan lo siguiente:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 18 de 77		

PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD
Perforaciones con equipo de percusión (Sondeos)	7
Apiques	4
CBR	3
SPT	17
Contenido de humedad	25
Límites de Atterberg	17
Granulometrías	25
Cantidad de material que pasa el tamiz No.200	25

Tabla 2. Programa de exploración y ensayos.

La localización de las perforaciones en el lote se muestra en la imagen a continuación:

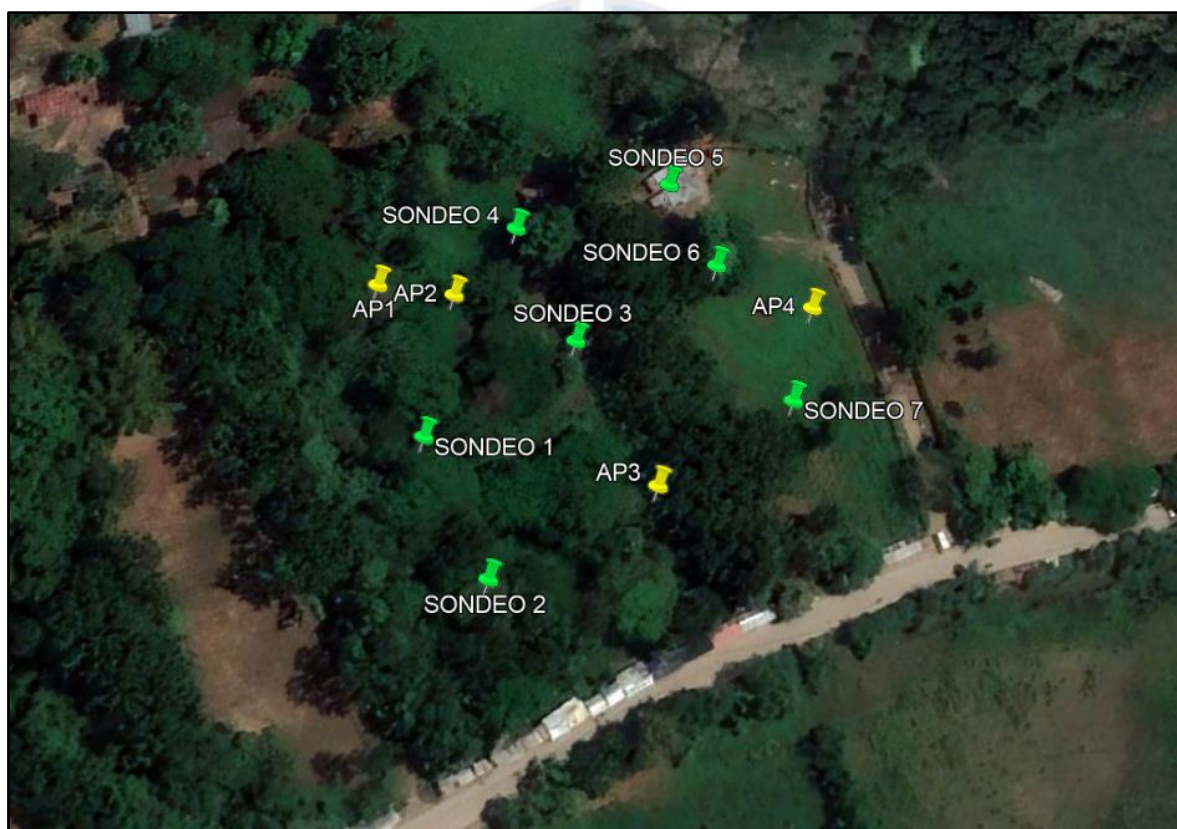


Figura 9. Localización de las perforaciones y apiques en el lote del proyecto.

Así mismo, se presentan fotografías de la exploración geotécnica y la extracción muestras.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 19 de 77		



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 20 de 77		



Figura 10. Exploración en campo y extracciones de muestras.

En el **Anexo 1**, se presenta la información de perfiles estratigráficos y ensayos de laboratorios.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 21 de 77		

RESULTADOS OBTENIDOS

Los perfiles estratigráficos de los sondeos y apiques realizados se anexan en este documento y en ellos se encuentran todos los parámetros geotécnicos necesarios, medidos, correlacionados y calculados para realizar los análisis respectivos para el diseño geotécnico de la estructura que hace parte del presente proyecto. El análisis de los resultados de la exploración y ensayos de laboratorio, permiten establecer las siguientes características geotécnicas:

• SONDEOS

- a. En resumen, se evidencian estratos de:
 - ✓ Arcilla arenosa de alta plasticidad (CH)
 - ✓ Arena arcillosa con presencia de grava (SC)
 - ✓ Arena limosa con presencia de grava (SM)
- b. El nivel freático **no se encontró** en los sondeos realizados.
- c. La humedad más alta registrada de todas las muestras obtenidas es del 25%. La mínima humedad registrada es de 9%.
- d. En general los análisis granulométricos realizados a todas las muestras arrojaron los siguientes resultados promedio de porcentaje que pasa el tamiz No.200:
 - ✓ Arcilla arenosa de alta plasticidad: 72%
 - ✓ Arena arcillosa con presencia de grava: 31%
 - ✓ Arena limosa con presencia de grava: 20%
- e. El grado de plasticidad muestra que los límites líquidos del estrato de **arcilla** son de 51%, el límite plástico de 24% para el estrato de **arcilla**. De igual manera para el estrato de **arcilla** el índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 27%. El grado de plasticidad muestra que los límites líquidos de los estratos de **Arena** varían entre 36% y 54%, el límite plástico varía entre 21% y 28% para los estratos de **Arena**. De igual manera para los estratos de **Arena** el menor índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 12% y el mayor un valor de 36%.
- f. El contenido de humedad en laboratorio para los estratos de arcilla fue de promedio 13%.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 22 de 77		

- g. El contenido de humedad en laboratorio para los estratos de arena fue de promedio 15%

A continuación, se presenta la Tabla resumen de los resultados de ensayos de laboratorio para los sondeos:

Sondeo	Profundidad de la muestra (m)			Peso Unitario		Ensayos de Caracterización							SUCS
	Inicial	Final	Media	Seco (ton/m3)	Saturado (ton/m3)	%Hum NAT.	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	Pasa N°4	Pasa N°200	
SONDEO 1	0,50	1,00	0,75	1,57	1,80	14%	52%	26%	26%	-0,42	68%	40%	SC
	1,50	2,00	1,75	1,54	1,93	25%	54%	28%	26%	-0,13	84%	22%	SC
SONDEO 2	0,50	1,00	0,75	1,89	2,21	17%	42%	24%	18%	-0,39	84%	47%	SC
	1,50	2,00	1,75	1,96	2,21	13%	50%	25%	36%	-0,34	78%	27%	SC
SONDEO 3	0,50	1,00	0,75	1,95	2,20	13%	51%	24%	27%	-0,40	89%	72%	CH
	1,50	2,00	1,75	1,55	1,81	16%	40%	22%	18%	-0,28	74%	21%	SC
	2,50	3,00	2,75	1,97	2,21	12%	45%	22%	23%	-0,43	78%	32%	SC
SONDEO 4	0,50	1,00	0,75	1,55	1,78	15%	0%	0%	0%	0,00	52%	19%	SM
	1,50	2,00	1,75	1,65	1,87	14%	36%	24%	12%	-0,82	77%	31%	SC
	2,50	3,00	2,75	1,97	2,16	10%	0%	0%	0%	0,00	69%	17%	SM
SONDEO 5	0,50	1,00	0,75	1,50	1,79	19%	0%	0%	0%	0,00	73%	15%	SM
	1,50	2,00	1,75	1,54	1,84	19%	50%	27%	23%	-0,35	84%	24%	SC
	2,50	3,00	2,75	1,83	2,21	21%	42%	25%	17%	-0,23	73%	25%	SC

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

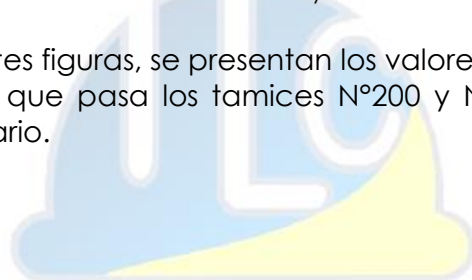
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 23 de 77		

Sondeo	Profundidad de la muestra (m)			Peso Unitario		Ensayos de Caracterización								SUCS
	Inicial	Final	Media	Seco (ton/m3)	Saturado (ton/m3)	%Hum NAT.	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	Pasa N°4	Pasa N°200		
SONDEO 6	0,50	1,00	0,75	1,65	1,80	9%	0%	0%	0%	0,00	58%	25%	SM	
	1,50	2,00	1,75	1,92	2,21	15%	45%	21%	24%	-0,26	80%	40%	SC	
SONDEO 7	0,50	1,00	0,75	1,66	1,82	10%	0%	0%	0%	0,00	74%	22%	SM	
	1,50	2,00	1,75	1,96	2,21	13%	0%	0%	0%	0,00	69%	22%	SM	

Tabla 3. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio-Sondeos.

Así mismo, en las siguientes figuras, se presentan los valores de contenido de agua, porcentaje de material que pasa los tamices N°200 y N°4, valores de límite de consistencia y peso unitario.



INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 24 de 77		

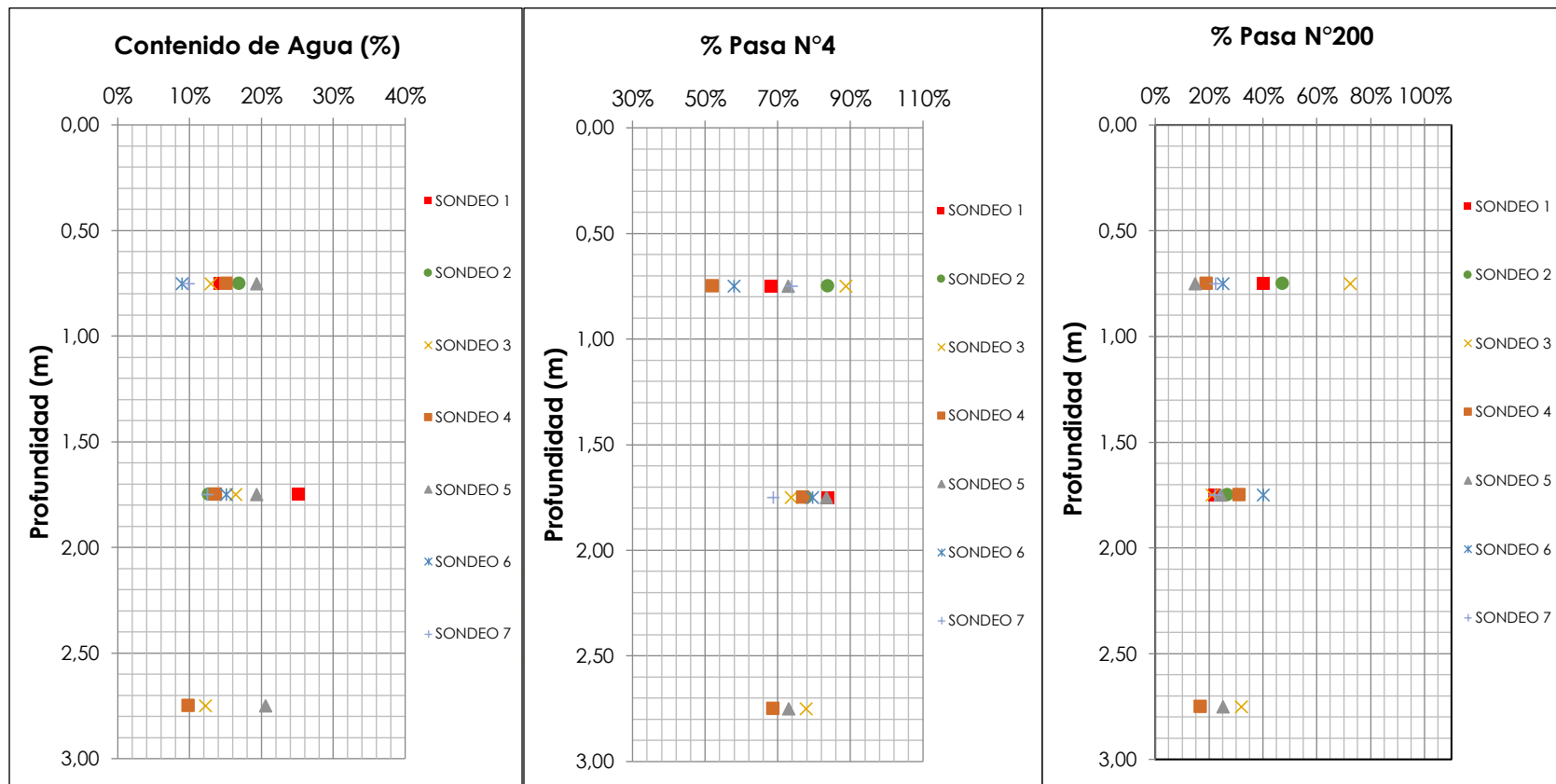


Figura 11. Resumen resultados de ensayos de laboratorio - Sondeos (Contenido de agua, % pasa tamiz N°4 y % pasa tamiz N°200).

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 25 de 77		

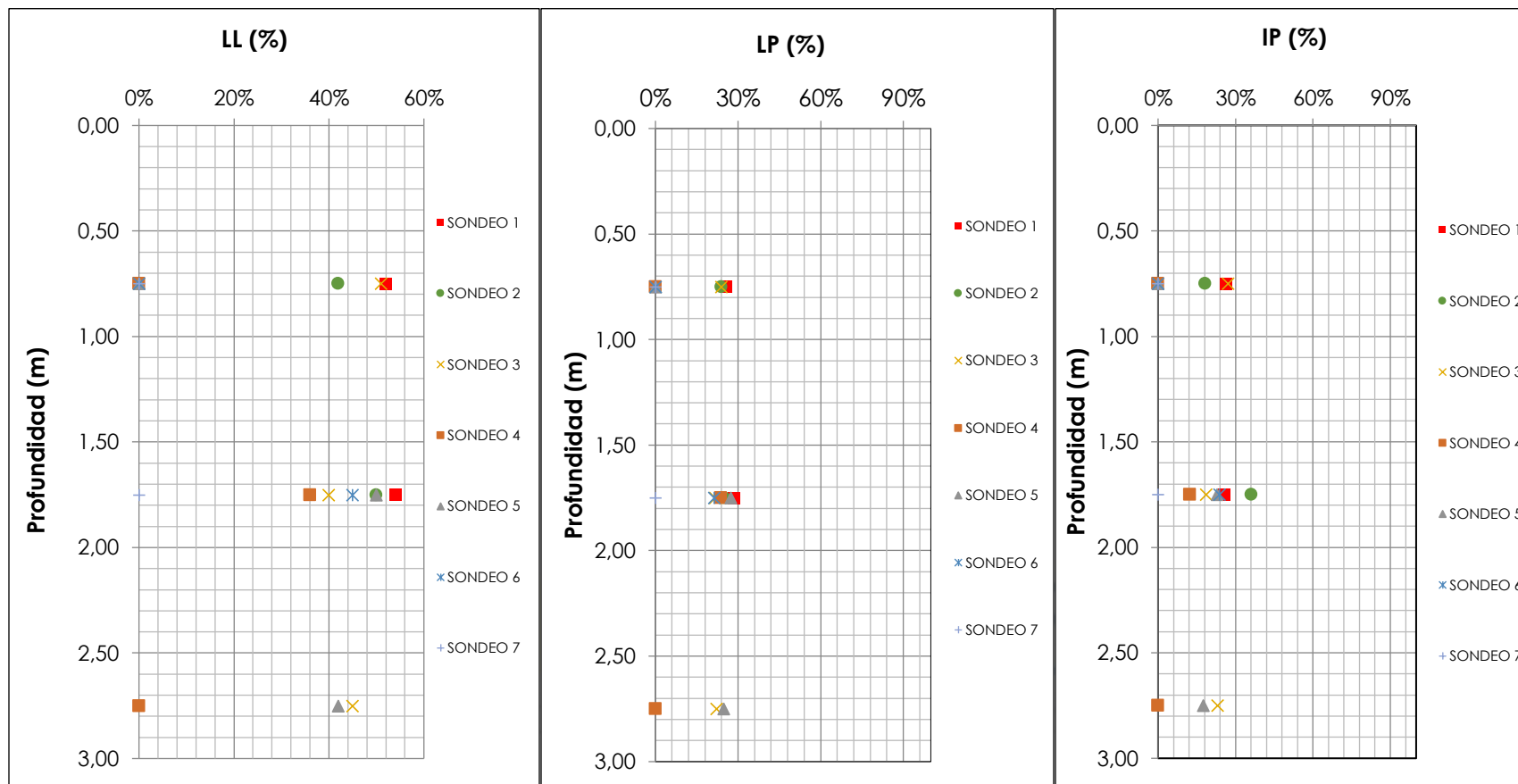


Figura 12. Resumen resultados de ensayos de laboratorio - Sondeos (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico).

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 26 de 77		

• **APIQUE**

- a. En resumen, se evidencian estratos de:
 - ✓ Arcilla arenosa de alta plasticidad (CH)
 - ✓ Arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL)
 - ✓ Limo arenoso de alta plasticidad (MH)
 - ✓ Arena arcillosa con presencia de grava (SC)
 - ✓ Arena limosa con presencia de grava (SM)
 - ✓ Grava limosa pobremente gradada (GM)
- b. El nivel freático **no se encontró** en los apiques realizados.
- c. La humedad más alta registrada de todas las muestras obtenidas es del 29%. La mínima humedad registrada es de 6%.
- d. En general los análisis granulométricos realizados a todas las muestras arrojaron los siguientes resultados promedio de porcentaje que pasa el tamiz No.200:
 - ✓ Arcilla arenosa de alta plasticidad: 75%
 - ✓ Arcilla arenosa de mediana plasticidad: 65%
 - ✓ Limo arenoso de alta plasticidad: 50%
 - ✓ Arena arcillosa con presencia de grava: 27%
 - ✓ Arena limosa con presencia de grava: 36%
 - ✓ Grava limosa pobremente gradada: 10%
- e. El grado de plasticidad muestra que el límite líquido para los estratos de **Arcilla** varía entre 45% y 55%, el límite plástico para los estratos de **Arcilla** varía entre 23% y 28%. De igual manera para los estratos de **Arcilla** el menor índice de plasticidad obtenido es de 22% y el mayor un valor de 27%.
- f. El contenido de humedad en laboratorio para los estratos de arcilla fue de promedio 25%.
- g. El contenido de humedad en laboratorio para los estratos de limo fue de promedio 22%.
- h. El contenido de humedad en laboratorio para los estratos de arena fue de promedio 16%.
- i. El contenido de humedad en laboratorio para los estratos de grava fue de promedio 6%.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 27 de 77		

A continuación, se presenta la Tabla resumen de los resultados de ensayos de laboratorio para los apiques:

Apique	Profundidad de la muestra (m)			Ensayos de Caracterización							SUCS	AASHTO
	Inicial	Final	Media	%Hum NAT.	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	Pasa N°4	Pasa N°200		
APIQUE 1	0,00	0,25	0,13	27%	45%	23%	22%	0,15	98%	65%	CL	A-7-6(13)
	1,20	1,50	1,35	22%	57%	33%	24%	-0,49	66%	50%	MH	A-7-5(9)
APIQUE 2	0,00	0,27	0,14	29%	51%	26%	25%	0,13	99%	75%	CH	A-7-6(19)
	1,20	1,50	1,35	20%	52%	28%	24%	-0,33	99%	79%	CH	A-7-6(20)
APIQUE 3	0,00	0,30	0,15	14%	0%	0%	0%	0,00	84%	36%	SM	A-4(8)
	1,20	1,50	1,35	26%	55%	28%	27%	-0,07	100%	70%	CH	A-7-6(19)
APIQUE 4	0,00	0,50	0,25	6%	0%	0%	0%	0,00	28%	10%	GM-GP	A-4(0)
	1,20	1,50	1,35	18%	48%	28%	20%	-0,45	57%	27%	SC	A-7-6(20)

Tabla 4. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio-Apiques.

Así mismo, en las siguientes figuras, se presentan los valores de contenido de agua, porcentaje de material que pasa los tamices N°200 y N°4, valores de límite de consistencia y peso unitario.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 28 de 77		

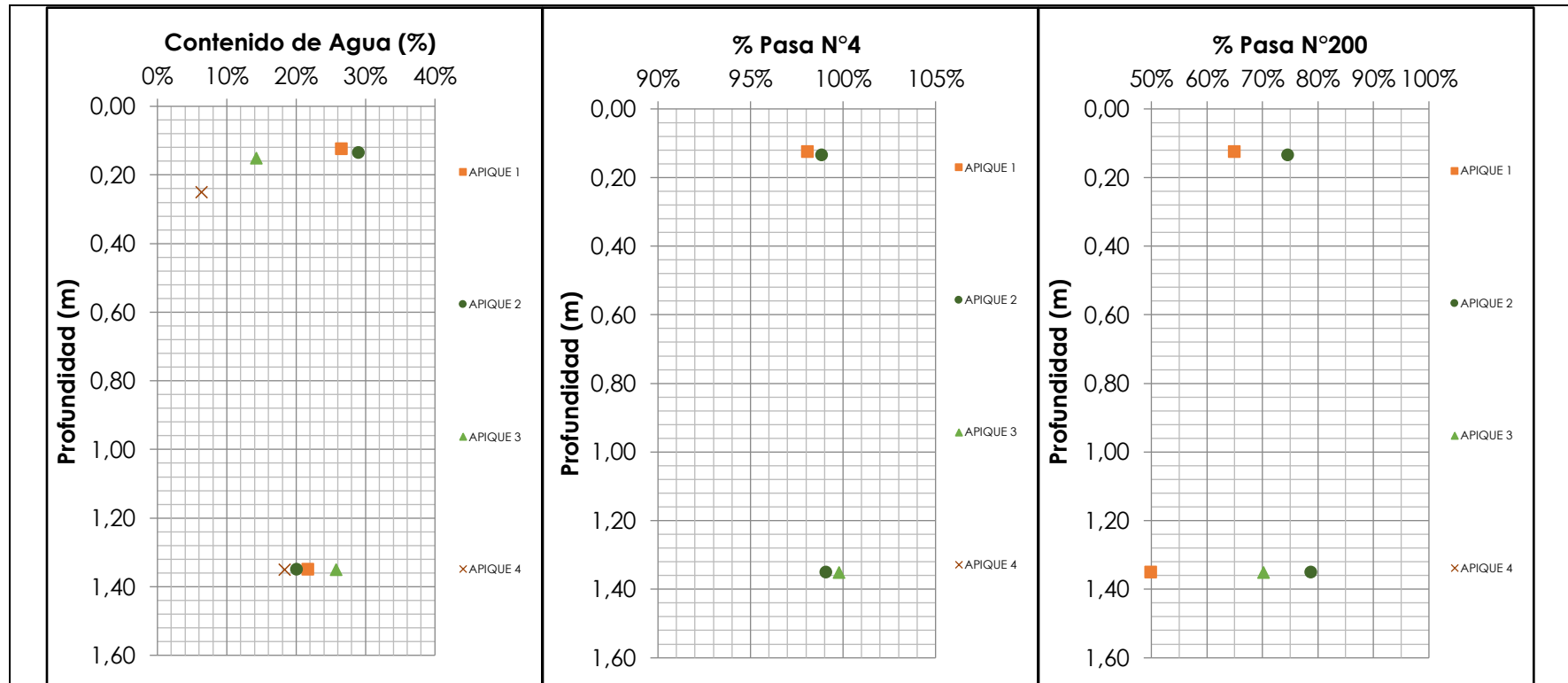


Figura 13. Resumen resultados de ensayos de laboratorio - Apiques (Contenido de gua, % pasa tamiz N°4 y % pasa tamiz N°200).

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 29 de 77		

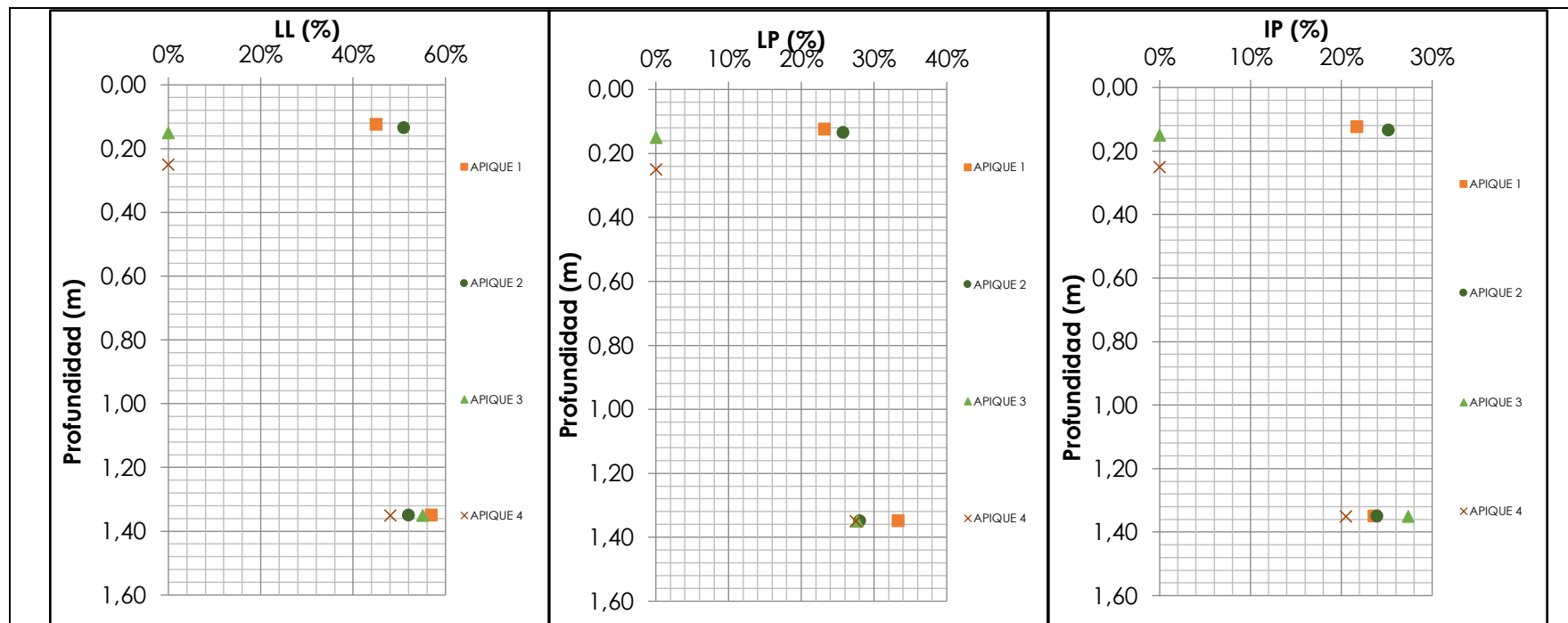


Figura 14. Resumen resultados de ensayos de laboratorio – Apiques (Límite Líquido, Límite Plástico y Índice Plasticidad).

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 30 de 77		

6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO

De acuerdo con la caracterización realizada en el sector analizado se estableció una tipología del perfil estratigráfico consistente de un material predominantemente arcilloso y arenoso. Dada la caracterización de los materiales presentes en el proyecto se analizará la presencia de suelos con potencial expansivo y potencial de licuefacción en las zonas.

6.1. Potencial de Expansión

Es de interés analizar el potencial de expansión de los suelos de origen lacustre ya que estos están conformados por materiales clasificados con una mediana plasticidad presentando índices de plasticidad (IP) menores a 30%. En la zona del proyecto, no se evidencian características correspondientes a suelos expansivos, tales como grietas en la superficie del terreno, ni fisuras o pérdida de verticalidad en edificaciones vecinas causadas por procesos de expansión y contracción volumétrica. De acuerdo con las observaciones anteriores, se planteó considerar los limos y las arcillas analizadas que son en su mayoría de mediana plasticidad.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite Líquido LL en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Índice de plasticidad menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta*
Muy Alto	>30	>63	<10	>32	>37	>100
Alto	20-30	50-63	6-12	23-45	18-37	>100
Medio	10-20	39-50	8-18	12-34	12-27	50-100
Bajo	<10	<39	>13	<20	<17	<50

Tabla 5. Clasificación suelos expansivos. Fuente: NSR-10, Capítulo H.9 Tabla H.9.1

De acuerdo con el análisis de los resultados de los ensayos de límites de consistencia, los cuales no deben tomarse como un indicador directo y concluyente de la expansión, se calculó la humedad de equilibrio (si la humedad natural está por debajo de dicho valor, el material buscará satisfacer la demanda de agua hasta llegar a este valor) como valor complementario.

$$W_{eq} = 0,47LL + 3.6 \quad (\text{H.6.1.4, NSR 98})$$

Con base en la presión probable de campo (expansión) de acuerdo con la NSR 98 (H.6.1.5) se determina la magnitud de la presión de levantamiento para efectuar un análisis primario de equilibrio de presiones, es decir, positiva (sobrecarga),

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 31 de 77		

presión negativa (expansión) y elementos externos requeridos (reforzamiento o estabilización con cal y/o cemento en función de los resultados).

$$\text{Log}P_{ex} = -1,868 + 2,08LL + 0,065\gamma_d - 2,69W_n$$

Donde:

P_{ex} :	Presión probable de expansión de campo (kgf/cm ²)
LL	límite líquido (%)
γ_d	Peso unitario seco (kg/cm ³)
W_n	Humedad natural del suelo (%)

En la siguiente Tabla, se presenta la presión probable de expansión de campo de los **APIQUES**:



INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 32 de 77		

Apique	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
				LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
APIQUE 1	0.00 - 0,25	1	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD	45	23	22	27	0,15	Expansible	Medio	Medio	24,8	Potencial Bajo	1,463	0,212
	1.20 - 1.50	2	LIMO ARENOSO DE ALTA PLASTICIDAD	57	33	24	22	-0,49	Expansible	Alto	Alto	30,4	Potencial Alto	1,840	0,906
APIQUE 2	0.00 - 0,27	1	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD	51	26	25	29	0,13	Expansible	Alto	Alto	27,6	Potencial Bajo	1,518	0,264
	1.20 - 1.50	2	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD	52	28	24	20	-0,33	Expansible	Alto	Alto	28,0	Potencial Alto	1,610	0,554
APIQUE 3	0.00 - 0,30	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	14	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3,6	Potencial Bajo	1,750	0,082
	1.20 - 1.50	2	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD	55	28	27	26	-0,07	Expansible	Alto	Alto	29,5	Potencial Alto	1,870	0,670

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 33 de 77		

Apique	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
				LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
APIQUE 4	0.00 - 0.50	1	GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADADA	0	0	0	6	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3,6	Potencial Bajo	1,674	0,119
	1.20 - 1.50	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	48	28	20	18	-0,45	Expansible	Medio	Medio	26,2	Potencial Alto	1,850	0,736

Tabla 6. Presión probable de expansión de campo (Apiques).

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

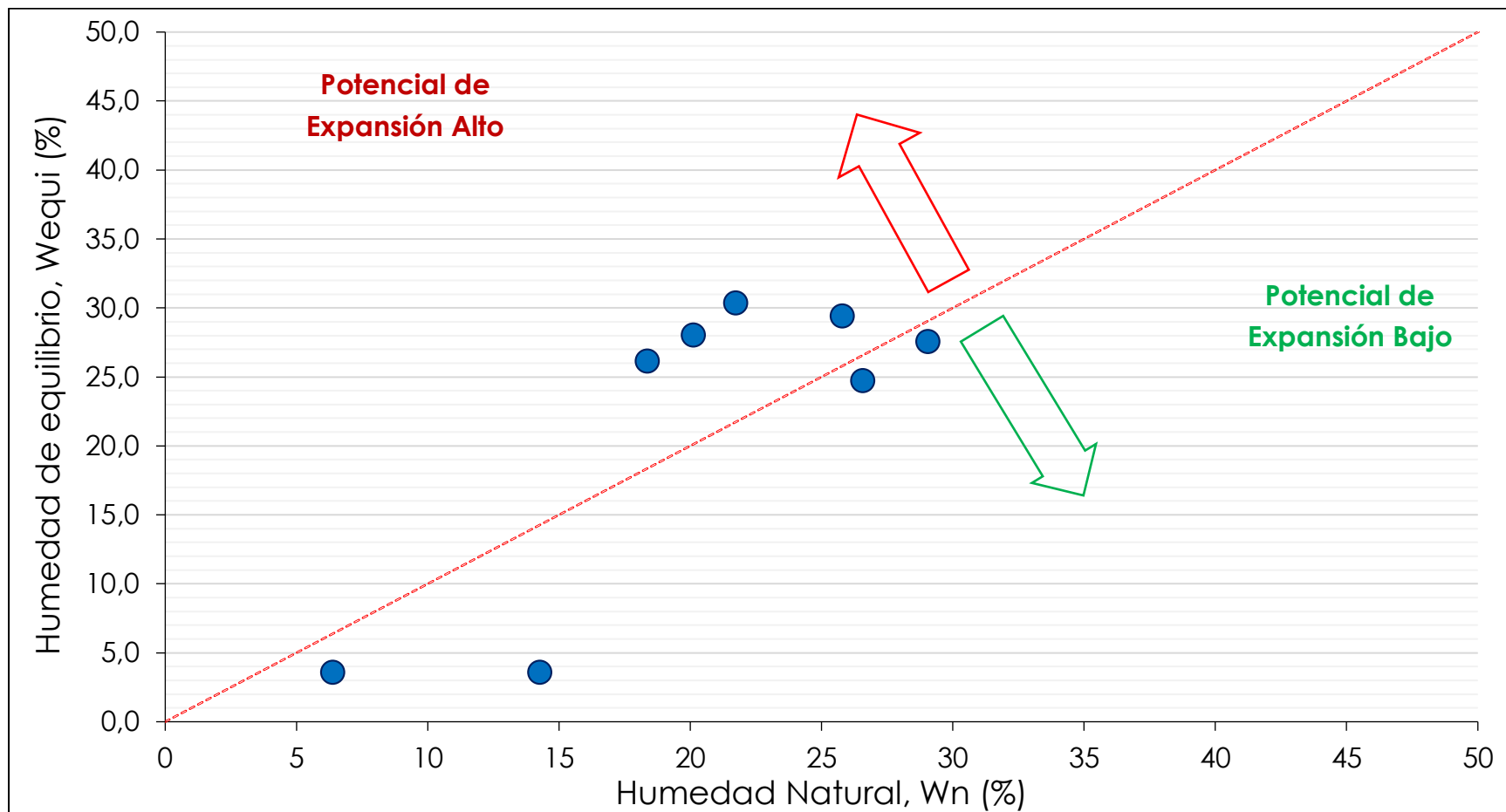


Figura 15. Humedad de equilibrio, Wequi Vs Humedad natural, Wn- Apiques.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 35 de 77		

Teniendo en cuenta la Figura anterior respecto a los resultados obtenidos en laboratorio de los **apiques**, se observa que parte de los materiales muestran valores de humedad de equilibrio variable con respecto a la humedad natural (dichos valores se encuentran por encima y por debajo de la línea continua de pendiente 1:1), en términos generales se puede manifestar que existe un potencial de expansión probable Alta y Baja.

De la evaluación realizada, se tiene que la presión probable de expansión de campo oscila entre **0.082 Ton/m² y 0.906 Ton/m²**. Sin embargo, comparando los valores calculados de la presión probable de expansión de campo y el potencial de expansión calculados en función de los límites de consistencia y la humedad de equilibrio, se hace necesario la incorporación de una estructura que pueda contrarrestar las presiones o expansiones probables.

A partir del ejercicio anterior se concluye que una parte representativa de los materiales que componen el sector de estudio **presentan un potencial de expansión Alto y un potencial de expansión Bajo**. Posterior al análisis de capacidad portante, se podrá concluir sobre la necesidad de un espesor de mejoramiento mayor o igual, al requerido para aumentar dicha capacidad del suelo. En el **Anexo 2**, se presenta la memoria de cálculo del Análisis de potencial de expansión.

INGELABCON S.A.S.
Confiable en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 36 de 77		

Sondeo	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
				LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
1	0.50 - 1.00	1	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	52	26	26	14,3	-0,42	Expansible	Alto	Alto	28,0	Potencial Alto	1,574	0,750
	1.50 - 2.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	54	28	26	25,2	-0,13	Expansible	Alto	Alto	29,0	Potencial Alto	1,542	0,401
2	0.50 - 1.00	1	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	42	24	18	16,9	-0,39	Expansible	Medio	Medio	23,3	Potencial Alto	1,891	0,643
	1.50 - 2.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	50	25	36	12,7	-0,34	Expansible	Alto	Muy Alto	27,1	Potencial Alto	1,961	1,360
3	0.50 - 1.00	1	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD CON PRESENCIA DE GRAVA	51	24	27	13,0	-0,40	Expansible	Alto	Alto	27,6	Potencial Alto	1,947	1,375
	1.50 - 2.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	40	22	18	16,4	-0,28	Expansible	Medio	Medio	22,4	Potencial Alto	1,555	0,360

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 37 de 77		

Sondeo	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
				LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
	2.50 - 3.00	3	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	45	22	23	12,2	-0,43	Expansible	Medio	Medio	24,8	Potencial Alto	1,969	1,119
4	0.50 - 1.00	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	15,2	N/A	No Expansible	bajo	bajo	3,6	Potencial Bajo	1,546	0,057
	1.50 - 2.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	36	24	12	13,7	-0,82	Expansible	bajo	Medio	20,5	Potencial Alto	1,645	0,404
	2.50 - 3.00	3	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	9,9	N/A	No Expansible	bajo	bajo	3,6	Potencial Bajo	1,966	0,149
5	0.50 - 1.00	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	19,3	N/A	No Expansible	bajo	bajo	3,6	Potencial Bajo	1,500	0,041
	1.50 - 2.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	50	27	23	19,4	-0,35	Expansible	Alto	Medio	27,1	Potencial Alto	1,541	0,474

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 38 de 77		

Sondeo	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
				LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
	2.50 - 3.00	3	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	42	25	17	20,6	-0,23	Expansible	Medio	Medio	23,3	Potencial Alto	1,832	0,468
6	0.50 - 1.00	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	9,0	N/A	No Expansible	bajo	bajo	3,6	Potencial Bajo	1,652	0,098
	1.50 - 2.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	45	21	24	15,1	-0,26	Expansible	Medio	Alto	24,8	Potencial Alto	1,920	0,867
7	0.50 - 1.00	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	9,9	N/A	No Expansible	Bajo	bajo	3,6	Potencial Bajo	1,656	0,093
	1.50 - 2.00	2	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	12,5	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3,6	Potencial Bajo	1,964	0,126

Tabla 7. Presión probable de expansión de campo (Sondeos)

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 39 de 77		

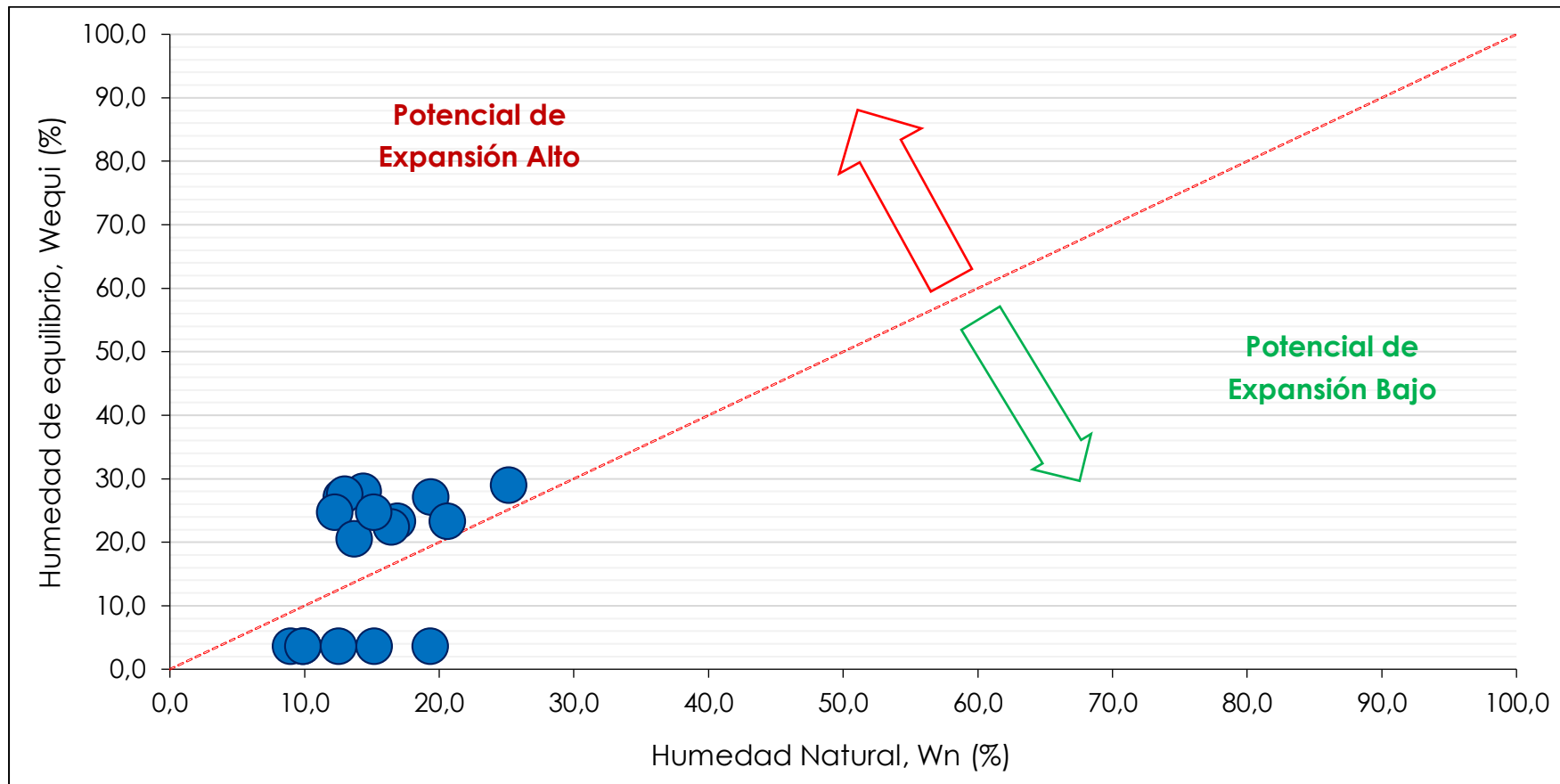


Figura 16. Humedad de equilibrio, Weqi Vs Humedad natural, Wn- Sondeos.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 40 de 77		

Teniendo en cuenta la Figura anterior respecto a los resultados obtenidos en laboratorio de **los sondeos**, se observa que parte de los materiales muestran valores de humedad de equilibrio variable con respecto a la humedad natural (dichos valores se encuentran por encima y por debajo de la línea continua de pendiente 1:1), en términos generales se puede manifestar que existe un potencial de expansión probable Alto y Bajo.

De la evaluación realizada, se tiene que la presión probable de expansión de campo oscila entre **0.041 Ton/m² y 1.375 Ton/m²**. Sin embargo, comparando los valores calculados de la presión probable de expansión de campo y el potencial de expansión calculados en función de los límites de consistencia y la humedad de equilibrio, se hace necesario la incorporación de una estructura que pueda contrarrestar las presiones o expansiones probables.

A partir del ejercicio anterior se concluye que una parte representativa de los materiales que componen el sector de estudio **presentan un potencial de expansión Alto y un potencial de expansión Bajo**. Posterior al análisis de capacidad portante, se podrá concluir sobre la necesidad de un espesor de mejoramiento mayor o igual, al requerido para aumentar dicha capacidad del suelo. En el **Anexo 2**, se presenta la memoria de cálculo del Análisis de potencial de expansión.

INGELABCON S.A.S.
Confiable en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 41 de 77		

6.2. Análisis de Licuación

El fenómeno de licuación está asociado a suelos granulares saturados o suelos no cohesivos, de baja densidad relativa y uniformemente gradados debido a efectos de cargas cíclicas de una elevada magnitud y duración en el tiempo. Asimismo, las arenas de alta densidad relativa con $N_{60} > 30$ son consideradas lo suficientemente densas como para no presentar riesgo de licuación. Comúnmente este fenómeno ocurre sobre depósitos aluviales o fluviales recientes a profundidades no superiores a los 15 o 17m (Kramer 1996).

En la zona del proyecto, algunos materiales cumplen con las condiciones anteriormente descritas. La estratigrafía obtenida en las perforaciones y los valores de N_{60} asociados fueron analizados para calcular el Factor de Seguridad a la licuación que está dado por la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{\text{Esfuerzo cortante cíclico requerido para causar licuación}}{\text{Esfuerzo cortante cíclico inducido por el sismo}} = \frac{CRR}{CSR}$$

Los valores de CRR y CSR fueron calculados mediante las correlaciones con el valor de N_{60} de cada perforación de acuerdo con lo indicado por Kramer (1996). De igual forma, se consideró que los Factores de Seguridad menores a 1,30 indican estratos potencialmente licuables. Los resultados de este análisis se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

INGELABCON S.A.S.

Confiable en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 42 de 77		

Sondeo	Profundidad de la muestra (m)			Tipo de Material	SPT	P. unitario	Pasa N° 200	Esfuerzos				CSR	N160 cs	CRR	FS	Licuación
	Inicial	Final	Media		N (golpes/pie)	Seco (ton/m3)		Esfuerzo Vertical Total y Efectivo								
SONDEO 1	0,50	1,00	0,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	31	1,57	40%	1,18	6,00	0,00	1,18	0,02	30,69	0,53	31,29	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	40	1,54	22%	2,70	6,00	0,00	2,70	0,02	39,60	0,11	6,66	No Licuable
SONDEO 2	0,50	1,00	0,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	50	1,89	47%	1,42	6,00	0,00	1,42	0,02	49,51	0,30	17,72	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	71	1,96	27%	3,43	6,00	0,00	3,43	0,02	70,30	0,49	29,53	No Licuable
SONDEO 3	0,50	1,00	0,75	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD CON PRESENCIA DE GRAVA	34	1,95	72%	1,46	6,00	0,00	1,46	0,02	33,68	3,35	199,46	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	32	1,55	21%	2,72	6,00	0,00	2,72	0,02	31,68	0,66	40,00	No Licuable
	2,50	3,00	2,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	51	1,97	32%	5,42	6,00	0,00	5,42	0,02	50,50	0,31	18,96	No Licuable
SONDEO 4	0,50	1,00	0,75	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	24	1,55	19%	1,16	6,00	0,00	1,16	0,02	23,76	0,27	16,04	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	37	1,65	31%	2,88	6,00	0,00	2,88	0,02	36,63	-0,11	-6,84	Licuables
	2,50	3,00	2,75	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	46	1,97	17%	5,41	6,00	0,00	5,41	0,02	45,54	0,25	15,11	No Licuable

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 43 de 77		

Sondeo	Profundidad de la muestra (m)			Tipo de Material	SPT	P. unitario	Pasa N° 200	Esfuerzos				CSR	N160 cs	CRR	FS	Licuación
	Inicial	Final	Media		N (golpes/pie)	Seco (ton/m3)		Esfuerzo Vertical Total y Efectivo								
SONDEO 5	0,50	1,00	0,75	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	27	1,50	15%	1,13	6,00	0,00	1,13	0,02	26,73	0,33	19,72	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	35	1,54	24%	2,70	6,00	0,00	2,70	0,02	34,65	-1,28	-77,51	Licuables
	2,50	3,00	2,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	49	1,83	25%	5,04	6,00	0,00	5,04	0,02	48,51	0,29	17,55	No Licuable
SONDEO 6	0,50	1,00	0,75	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	31	1,65	25%	1,24	6,00	0,00	1,24	0,02	30,69	0,53	31,27	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	57	1,92	40%	3,36	6,00	0,00	3,36	0,02	56,44	0,37	22,30	No Licuable
SONDEO 7	0,50	1,00	0,75	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	33	1,66	22%	1,24	6,00	0,00	1,24	0,02	32,67	0,99	58,98	No Licuable
	1,50	2,00	1,75	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	53	1,96	22%	3,44	6,00	0,00	3,44	0,02	52,47	0,33	19,94	No Licuable

Tabla 8. Resultados Análisis de Licuación.

Fuente: Propia

Con los resultados anteriores se puede establecer que se presentan estratos potencialmente licuables en los sondeos 4 y 5 analizados. En el **Anexo 3**, se presentan la memoria de cálculo del Potencial de Licuación

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 44 de 77		

7. MANEJO DE AGUAS

La realización de los trabajos de excavación debe ser realizada preferiblemente en la época de verano con el fin de simplificar las actividades del proceso constructivo. Durante la etapa de exploración geotécnica **no se evidenció** la presencia del nivel freático en los apiques y sondeos realizados en el área del proyecto.

En caso de ser necesario utilizar motobombas para evacuar las aguas lluvias que eventualmente puedan caer en el sitio en el momento de realizar las excavaciones y las aguas subterráneas presente en la zona. Para tal fin debe realizarse las excavaciones con una pequeña pendiente hacia algún punto donde se prevea la instalación de la bomba con el fin de facilitar la evacuación de aguas lluvias.



INGELABCON S.A.S.
Confiable en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 45 de 77		

8. PARÁMETROS SÍSMICOS

De acuerdo con los resultados geotécnicos y los parámetros de diseño establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR – 10 Título A, a continuación, se presenta los parámetros sísmicos que representan el comportamiento de la zona del proyecto. Se tomaron parámetros de clasificación correspondientes a las características de la zona donde están proyectados los **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SEDE DEL SENA ALTO SINU, MUNICIPIO DE TIERRALTA:**

▪ Perfil de suelo

Considerando lo indicado en el numeral A.2.4.4 de la NSR-10 el procedimiento para definir el tipo de perfil de suelo se basa en el promedio y análisis de los parámetros del suelo en los 30.0 m superiores del perfil geotécnico. Para definir el tipo de perfil de suelo, según NSR-10, **se tiene un suelo Tipo D puesto que, en promedio los ensayos SPT arrojan un valor promedio de 36 golpes el cual se encuentra entre los 15 y 50 golpes, además se obtuvo un valor de S_u promedio de 89.22 Kpa, que corresponde a un valor entre los 50 y 100 Kpa que describe la norma.** En la **Tabla 9**, se presenta la clasificación de los perfiles de suelo NSR - 10 empleada para la obtención de tipos de suelos detectados en el área del proyecto.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $\bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{S}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) > $\bar{S}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) > $\bar{S}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla 9. Clasificación de los perfiles de suelo. Fuente NSR-10 Tabla 2.4-1

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 46 de 77		

▪ **Coefficientes Aa, Av, Fa, Fv**

Perfil de Suelo	Aa	Fa	Av	Fv
D	0.20	1.40	0.20	2.00

Tabla 10. Valores de Aa, Fa, Av y Fv.

Donde:

Aa: Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva.

Fa: Coeficiente de amplificación del suelo para la zona de períodos cortos del espectro.

Av: Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva.

Fv: Coeficiente de amplificación del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro.

Con base en los análisis anteriores, el área estructural puede establecer los parámetros necesarios para el diseño sísmico de las estructuras del proyecto.

▪ **Grupo de Uso**

Teniendo en cuenta que la estructura proyectada puede servir como punto de encuentro en momento de siniestro, la categoría de uso para el presente proyecto según, capítulo A.2.5 de la NSR 10 es **Grupo II**.

A.2.5.1.3 — Grupo II — Estructuras de ocupación especial — Cubre las siguientes estructuras:

- (a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
- (b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
- (c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m² por piso,
- (d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1.
- (e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
- (f) Edificios gubernamentales.

Tabla 11. Coeficiente de importancia.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 47 de 77		

9. FORMULACIÓN PARA LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

En este capítulo se presenta la formulación adoptada para la estimación de los parámetros de diseño de los materiales del perfil lito estratigráfico determinado para cada uno de los sondeos realizados.

9.1. Módulo de deformación de los suelos

El módulo de deformación en suelos cohesivos se podrá estimar con base en correlaciones en función de la resistencia al corte no drenado y el índice de plasticidad de los suelos como se presenta en la Figura 20.

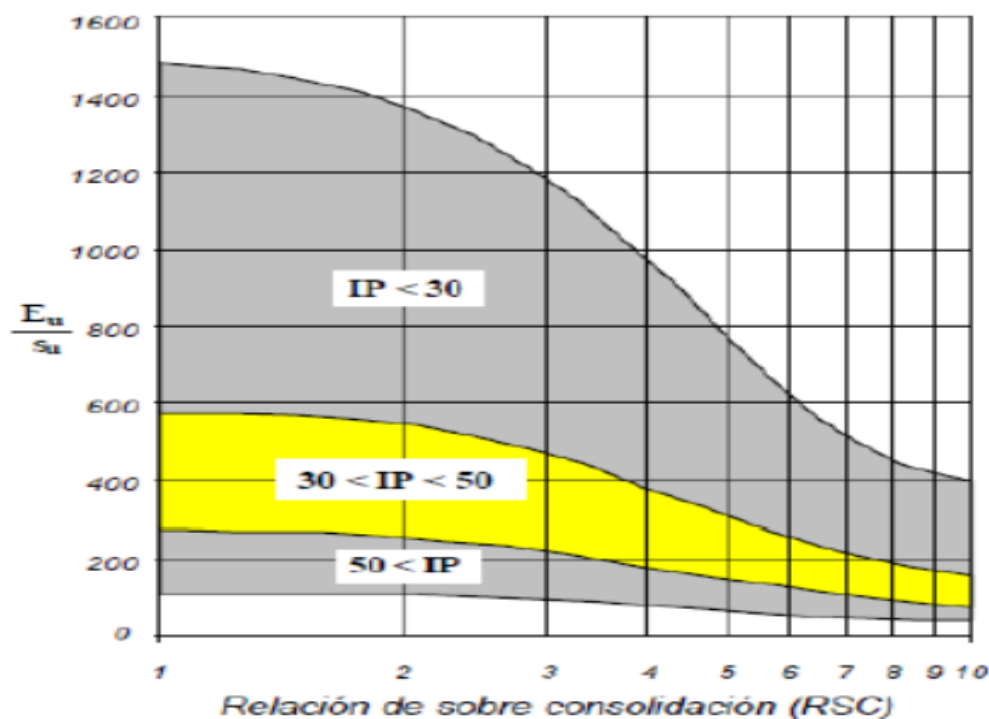


Figura 17 Correlación entre la resistencia al corte no drenado y el módulo de elasticidad no drenado

El módulo de Young en suelos granulares se estimará empleando las correlaciones planteadas por Bowles (1996) y Schertmann (1970) que se presentan a continuación:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

Tabla 12 Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young (E) en suelos granulares a partir del ensayo SPT

Tipo de suelo	Correlación (en kPa)	Referencia
Gravas	$600(N+6)$ $N < 15$ $600(N+6) + 2000$ $N > 15$	Bowles, 1996
Arenas saturadas	$250(N+15)$	Bowles, 1996
Arenas normalmente consolidadas	$500(N+15)$	Bowles, 1996
Arenas	$8 \cdot N_{60} \cdot 100$	Schmertmann, 1970

Fuente: Bowles (1986)

Los módulos obtenidos mediante las ecuaciones de correlación presentadas anteriormente son comparados con los intervalos de valores típicos de Es de acuerdo con el tipo de suelo reportado por Bowles (1986).

9.2. Parámetros de resistencia a partir del SPT

Para efectuar las correcciones de los resultados del ensayo de penetración estándar (SPT, N_{campo}) se requiere de la siguiente expresión general:

$$N_{CRR} = N * C_n * n_1 * n_2 * n_3 * n_4$$

En la cual:

N_{CRR}	Valor de N Corregido
N	Valor de N de Campo
C_n	Factor de corrección por confinamiento efectivo
n_1	Factor por energía del martillo ($0.45 < n_1 < 1$)
n_2	Factor por longitud de la varilla ($0.75 < n_2 < 1$)
n_3	Factor por revestimiento interno del muestreador ($0.8 < n_3 < 1$)
n_4	Factor por diámetro de la perforación.

- Corrección por energía (n_1)**

$$N_{e1} = N_{e2} * \left(\frac{e_2}{e_1}\right) = N_{60} = N_{45} \left(\frac{45}{60}\right) = 0.75 N_{45}$$

(Skempton, 1953, $e_1=60\%$)

- Corrección por confinamiento (sobrecarga)**

Este factor ha sido identificado desde hace tiempo (Gibbs&Holz, 1957) y se hace por medio del factor C_n de forma tal que:

$$N_{corr} = N_1 = C_n * N$$

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 49 de 77		

Y se ha estandarizado a un esfuerzo vertical de referencia σ_w 1 kg/cm² aproximadamente 1 atmósfera = P_a , como una función del parámetro R_s definido por:

$$R_s = \frac{\sigma'_v}{P_a}$$

Existen numerosas propuestas, entre las que se destacan las siguientes:

Tabla 13. Propuestas para el factor de corrección por confinamiento.

Autor	Expresión
Peck	$C_n = \frac{\log(\frac{20}{R_s})}{\log(20)}$
Seed	$C_n = 1 - 1.25 \log(R_s)$
Meyerhoff-Ishihara	$C_n = \left(\frac{1.70}{0.7 + R_s} \right)$
Liao&Witman	$C_n = \sqrt{\frac{1}{R_s}}$
Skempton	$C_n = \left(\frac{2}{1 + R_s} \right)$
González	$C_n = \log\left(\frac{10}{R_s}\right)$
Zeevaert	$C_n = \frac{19152}{(95.76 + \sigma_{iw})}$
Schmertmann	$C_n = \frac{325}{(102 + 203R_s)}$

En general se recomienda que $C_n < 2.0$, por lo cual la formulación de Zeevaert es mucho más representativa para los efectos requeridos. A continuación, se indican la formulación para obtener el $N_{\text{corregido}}$ en función de una energía de referencia de 60%.

$$N_{60} = N_{45} \left(\frac{45}{60} \right) = 0.75 N_{45}$$

Para Colombia, y salvo mediciones al respecto (p. ej. Villafañe et al, 1997) se debe tomar conservativamente $e=45\%$. Las convenciones empleadas en la tabla son las que se presentan a continuación.

N: Número de golpes del martillo.

γ : Peso Específico del Suelo.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados.
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 50 de 77		

C_n : Factor de corrección por confinamiento.
 σ_v : Esfuerzo vertical total.
 n_1 : Factor de corrección por energía del martillo.
 σ'_v : Esfuerzo vertical efectivo.
 $N_{\text{corregido}}$: Número de golpes del martillo corregido.
 μ_w : Presión de poros
 R_s : Parámetro utilizado para el cálculo de C_n .
 ϕ : Ángulo de fricción interna.

Según los factores de corrección propuestos en la tabla anterior, se presentan las fórmulas para el cálculo del ángulo de fricción.

Tabla 14 Propuestas para el cálculo del ángulo de fricción equivalente.

ϕ' equivalente	
Peck	$\phi = 28.5 + 0.25 N_{\text{corregido}}$
Peck, Hanson y Thornburn	$\phi = 26.25 [2 - e^{(-N_{\text{corregido}}/62)}]$
Kishida	$\phi = 15 + (12.5 * N_{\text{corregido}})^{0.5}$
JNR (Japan National Railway)	$\phi = 27 + 0.1875 * N_{\text{corregido}}$
JRB (Japan Road Bureau)	$\phi = 15 + (9.375 * N_{\text{corregido}})^{0.5}$

9.3. Revisión bibliográfica para la estimación de parámetros de diseño

En el presente numeral se presentan algunas referencias bibliográficas obtenidas de la literatura técnica con el fin de efectuar una caracterización y establecimiento de los parámetros de diseño del proyecto, teniendo en cuenta que la zona de estudio se encuentra enmarcada por materiales de origen lacustre, aluvial y residual, con lo cual se pretende complementar la información obtenida.

Así las cosas, se presenta a continuación valores de referencia obtenidos a partir de la revisión de la información bibliográfica, con el fin de ilustrar y/o sustentar de manera apropiada los parámetros de diseño empleados en el diseño geotécnico de la cimentación para las estructuras objeto de análisis.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 51 de 77		

Tabla 15. Propiedades geotécnicas para diferentes tipos de material (Geociencias Library, 2005).

Clasificación		Tamaño del grano	Valoración	Densidad Seca (pcf)	Ángulo de fricción (deg)	Cohesión (psf)	Permeabilidad (fpm)	Capacidad de Almacenamiento	Velocidad sísmica (fpsx1000)	Resistividad (ohm.mx1000)
Geológica	USCS									
ALUVIAL										
Alta Energía	GW, GP, GM	Medio-Grueso	Media-Buena	115-130	30-35	0	0.01-10	0.1-0.3	0.1-0.3	0.3-30 seco 0.2-20 húmedo
Baja Energía	ML, SM, SP, SW	Fino-Medio	Media-Buena	90-115	15-30	0-500	0.0001-0.1	0.05-0.2	0.05-0.2	0.01-10 seco 0.001 húmedo
COLUVIAL		Variable..... Refleja la causa del material.....								
EÓLICO										
Arena de duna	SP	Medio	Muy Bueno	90-110	30-35	0	0.01-0.1	0.1-0.3	1-2.5	0.5-100
Loess	ML, SM	Fino	Medio-Bueno	80-100	20-30	500-1000	0.001-0.01	0.05-0.1	0.75-2.5	0.01-2
GLACIAL										
Till	SM, ML	Fino-Medio	Pobre	120-140	35-45	1000-4000	0-0.001	0-0.01	3.5-10	0.01-5
Outwash	GW, GP, SW, SP, SM	Medio-Grueso	Pobre-Bueno	115-130	30-40	0-1000	0.01-10	0.01-0.3	4-6 seco 5-8.5 húmedo	0.1-10 seco 0.1-5 húmedo
Glaciolacustre	ML, SM, SP	Fino-Medio	Bueno	100-120	15-35	0-3000	0.0-0.1	0.0-0.1	2.5-8.5	0.001-2.0
LACUSTRE										
Inorgánico	ML, SM, MH	Fino	Bueno	70-100	5-20	0-200	0.0001-0.1	0.05-0.3	1.0-2.5	0.001-0.5
Orgánico	OL, PT	Fino-Medio	Pobre-Bueno	10-70	0-10	0-200	0.0001-1.0	0.005-0.8	0.5-1.5	0.001-0.5

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 52 de 77		

Tabla 16. Rangos típicos del módulo de elasticidad y relación de Poisson para distintos suelos (Das. B. 2001).

Tipo de suelo	Es (MPa)	ν
Arena suelta	10,5-24,0	0,20-0,4
Arena densa media	17,25-27,6	0,25-0,4
Arena densa	34,5-55,2	0,3-0,45
Arena limosa	10,3-17,2	0,2-0,4
Arena y grava	69,0-172,0	0,15-0,35
Arcilla blanda	4,1-20,7	0,20-0,50
Arcilla media	20,7-41,4	0,20-0,50
Arcilla firme	41,4-96,6	0,20-0,50

Tabla 17. Constantes elásticas de algunos suelos (U.S. Department of the Navy 1982 y Bowles 1982).

Suelo	Rango típico de valores		Es aproximado f _N (1)	
	Módulo elástico Es (kg/cm ²)	Relación de Poisson ν	Suelo	Es (kg/cm ²)
<u>Arcilla:</u>				
Blanda sensitiva	25 - 150	0.40 - 0.50 no drenada	Limo, limoarenoso, suelos con baja cohesión	4 N ₁ (2)
Consistencia media	150 - 500			
Muy firme	500 - 1000			
Loess	150 - 600	0.10 - 0.30	Arena limpia fina a media, arena poco limosa	7 N ₁
Limo	20 - 200	0.30 - 0.35		
<u>Arena fina:</u>				
Suelta	80 - 120	0.25	Arena gruesa, arena con poca grava	10 N ₁
Densidad Media	120 - 200		Grava arenosas y gravas	12 N ₁
Densa	200 - 300			
<u>Arena:</u>				
Suelta	100 - 300	0.20 - 0.35	Es aproximado a partir de s _u (kg/cm ²) (3)	
Densidad media	300 - 500	0.30 - 0.40	Arcilla blanda sensitiva	200 s _u - 500 s _u
Densa	500 - 800		Arcilla consistencia media a firme	750 s _u - 1200 s _u
			Arcilla muy firme	1500 s _u - 2000 s _u
<u>Grava:</u>				
Suelta	300 - 800	0.20 - 0.35	Es aproximado a partir de q _c (kg/cm ²) (4)	
Densidad media	800 - 1000	0.30 - 0.40	Suelos arenosos	
Densa	1000 - 2000		2 q _c	

(1) N = resistencia del ensayo SPT

(2) N₁ = N corregido por profundidad

(3) s_u = resistencia no drenada (kg/cm²)

(4) q_c = resistencia penetración del cono (kg/cm²)

Así mismo, en cuanto a los parámetros de compresibilidad, existentes diversas correlaciones para la determinación del coeficiente de compresibilidad (C_c) dadas por varios autores. Dichas correlaciones, están planteadas en función de diversas variables, como la relación de vacíos (e₀), gravedad específica (G_s), peso unitario saturado y seco, humedad natural, límite líquido e índice de plasticidad. En la siguiente Tabla, se presentan dichas correlaciones:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 53 de 77		

Tabla 18. Ecuaciones de correlación del índice de compresibilidad (C_c) en suelos (Bowles 1997).

Ecuación	Aplicabilidad	Referencia
$C_c = 0.007(w_L - 10)$	Arcillas remoldeadas	Skempton, 1944
$C_c = 0.009(w_L - 10)$	Arcillas normalmente consolidadas	Terzaghi y Peck, 1967
$C_c = 0.006(w_L - 9)$	Arcillas con límite líquido < 100%	Azzouz et. al., 1976
$C_c = 0.01(w_n - 5)$	Todas las arcillas	Azzouz et. al., 1976
$C_c = 0.01 w_n$	Todas las arcillas	Koppula, 1981
$C_c = 1.15(e - e_0)$	Todas las arcillas	Nishida, 1956
$C_c = 0.30(e_0 - 0.27)$	Suelos inorgánicos	Hough, 1957
$C_c = 0.35(e_0 - 0.5)$	Suelos orgánicos	Hough, 1957
$C_c = 0.85 * \sqrt{\frac{w_n^3}{100}}$	Lodos finos y arcillas	Helenelund, 1951
$C_c = 0.2e^{1.6}$	Suelos recientemente sedimentados naturalmente	Shorten, 1995
$C_c = 0.5 (\gamma_w / \gamma_d)^{2.4}$	Todo tipo de suelos	Herrero, 1980
$C_c = 0.185[G_s(\gamma_w / \gamma_d)^2 - 0.144]$	Todo tipo de suelos	Herrero, 1983
$C_r = 0.000463 W_L G_s$	Todo tipo de suelos	Nagaraj, 1985
$C_r = 0.00194(IP - 4;6)$	Todo tipo de suelos	Nakase, 1988
$C_r = 0.096 C_c^{0.863}$	Arcillas Limosas	IGAC, 1987
$C_r = 0.2342 C_c$	Arcillas Bogotanas	Rodriguez, 2002

Otras estimaciones del índice de compresibilidad (C_c), son las planteadas por Terzaghi y Peck (1967), Skempton (1986), Nakase y Boekhout (1988) y Martínez-Cepeda (2016).

$$C_c = 0.009 * (LL - 10)$$

$$C_c = 0.0097 * (LL - 16.4)$$

$$C_c = 0.046 + 0.0104 * IP$$

$$C_c = 0.0087 * (LL - 10.3)$$

$$C_c = 0.0112 * IP + 0.00478$$

En lo referente a la correlación entre la resistencia a la corte no drenada (S_u) y el esfuerzo de preconsolidación con el índice de plasticidad (IP), Mesri (1975) presentó las siguientes curvas:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 54 de 77		

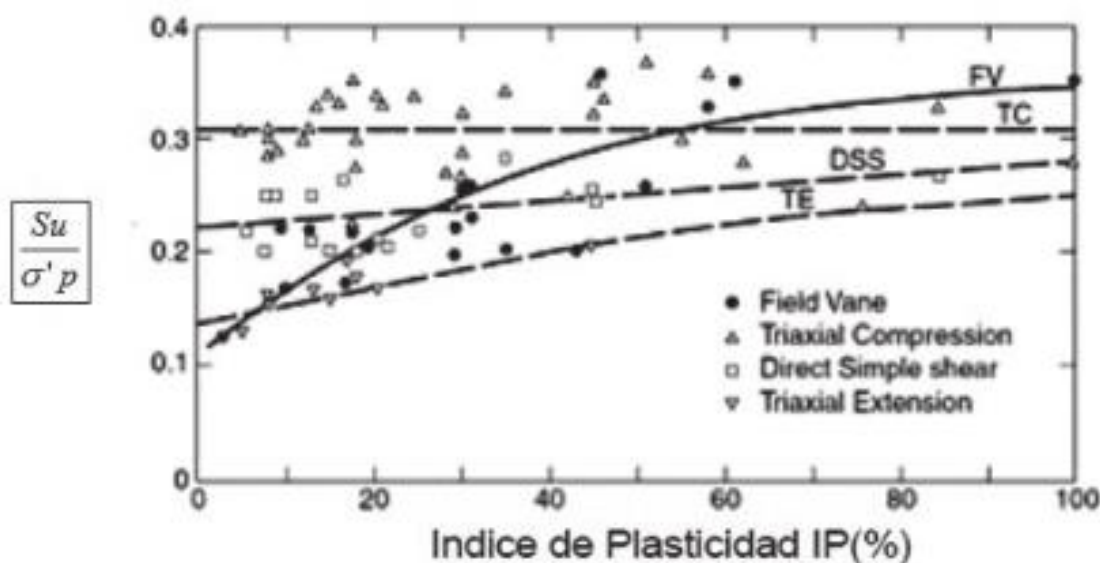


Figura 18. Relación S_u/σ'_p de Mesri (1975)
Fuente: Holtz y Kovacs (1981)

Holtz y Kovacs en 1981, plantearon que no existe una relación directa entre las propiedades y que la relación S_u/σ'_p tiende a un valor constante de 0.22.

Con base en la revisión de la información bibliográfica anterior, y los análisis de esta Consultoría se han establecido los parámetros de diseño del proyecto, los cuales se presentan dentro de los análisis particulares en la estructura de contención. En función de lo anterior, en la Figura 19, se presenta la variación del valor de N corregido del ensayo de penetración estándar con la profundidad para los sondeos realizados.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 55 de 77		

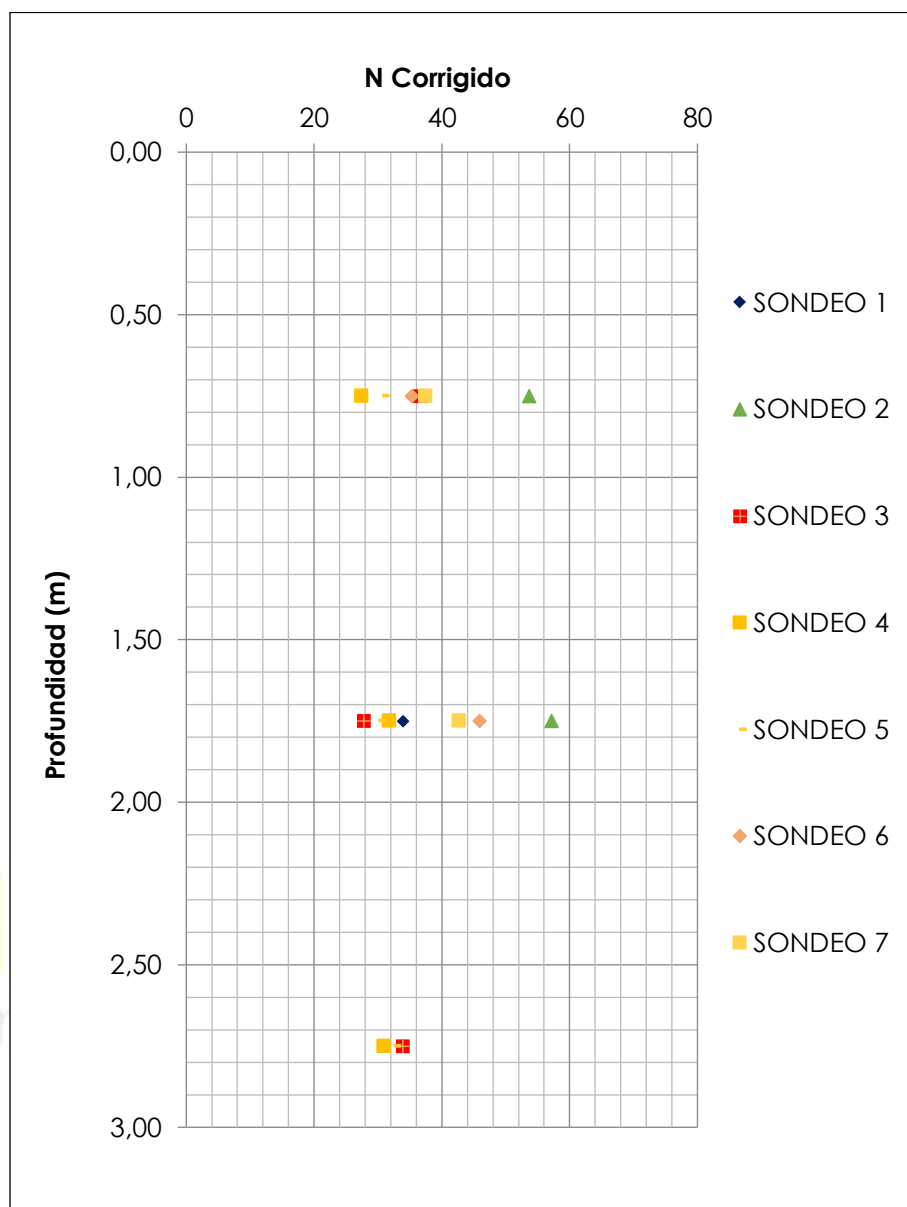


Figura 19 N corregido contra profundidad

Con base en la formulación presentada anterior, se efectúan los cálculos del ángulo de fricción a partir del ensayo del SPT. En la siguiente Figura, se presentan los valores del ángulo de fricción calculado a partir de la formulación de Japan Road Bureau (JRB) contra la profundidad, obteniendo un valor medio de 33°.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 56 de 77		

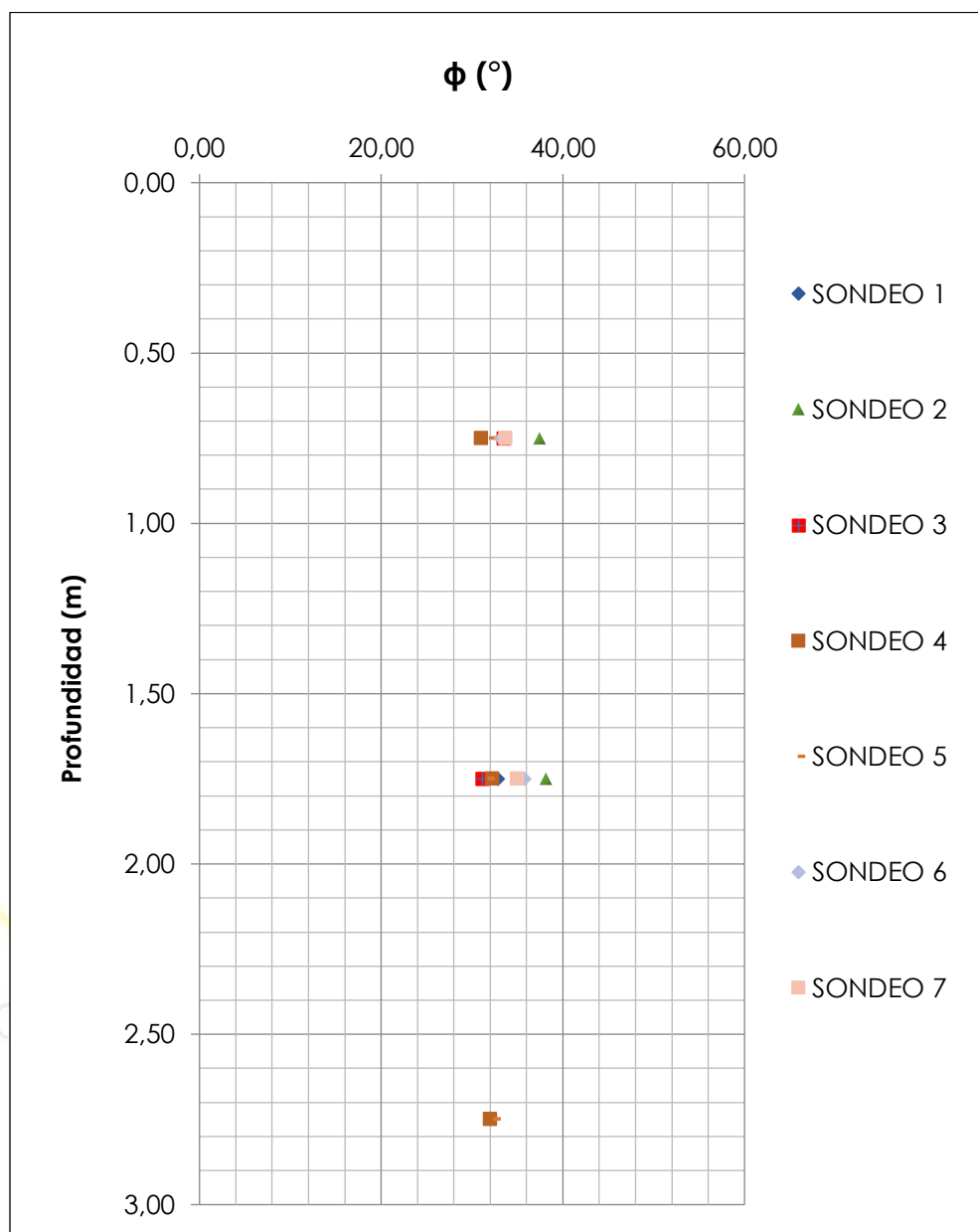


Figura. 20 Ángulos de fricción obtenidos a partir del SPT.

Adicional a lo anterior se emplea la metodología propuesta por González (1999), análisis que se presenta en la Figura 21 para la obtención del ángulo de fricción:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

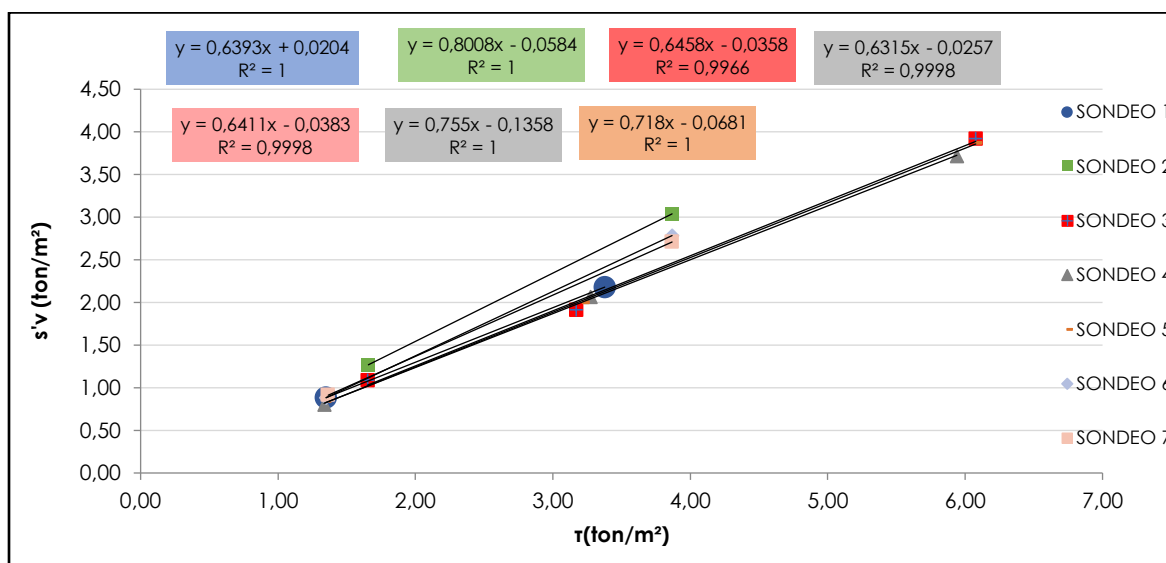


Figura. 21 Ángulos de fricción a partir de la metodología de González (1999).

Sondeo	Pendiente	Angulo de fricción (ϕ')
SONDEO 1	0,6393	33
SONDEO 2	0,8008	39
SONDEO 3	0,6458	33
SONDEO 4	0,6315	32
SONDEO 5	0,6411	33
SONDEO 6	0,755	37
SONDEO 7	0,718	36

En función de la campaña de exploración, resultados de los ensayos In-Situ y de laboratorio, revisión bibliográfica y correlaciones con el SPT se obtuvieron los parámetros de resistencia con los cuales se elaboró el análisis geotécnico, dichos parámetros, se presentan a continuación:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 58 de 77		

Tabla 19. Parámetros para el análisis geotécnico-Resistencia

Tipo de Material	Profundidad (m)		γ_{sec}	γ_{sat}	ϕ	c	E	Relación de Poisson ν	Resistencia al Corte No Drenada S_u (ton/m ²)
	Inicial	Final	(ton/m ³)	(ton/m ³)	(°)	(ton/m ²)	(ton/m ²)		
Arcilla arenosa de alta plasticidad con presencia de grava	0.50	1.00	1.73	1.95	30.50	10.12	1016	0.50	6.41
Arcilla arenosa de mediana plasticidad con presencia de grava	1.00	2.00	1.71	1.99	20.00	11.44	920	0.50	5.45
Arena arcillosa con presencia de grava	2.00	3.00	1.97	2.21	32.83	22.44	1223	0.40	8.48

Tabla 20. Parámetros para el análisis geotécnico- Compresibilidad

Tipo de Material	Profundidad (m)		Relación de vacíos (e_0)	Gravedad Específica (Gs)	S_u/σ'_p	C_r	C_c	σ'_p (ton/m ²)	C_v (cm ² /min)
	Inicial	Final							
Arcilla arenosa de alta plasticidad con presencia de grava	0.50	1.00	1.38	2.70	0.22	0.05253	0.12940	2.91	0.224
Arcilla arenosa de mediana plasticidad con presencia de grava	1.00	2.00	1.08	2.70	0.22	0.03572	0.16382	2.48	0.327
Arena arcillosa con presencia de grava	2.00	3.00	1.20	2.67	0.22	0.04443	0.12170	3.85	0.217

Para la estimación y soporte de los parámetros de resistencia, compresibilidad, cohesión, pesos unitarios y ángulo de fricción para los materiales reportados en la tabla anterior, se recurre a los resultados de laboratorio y a la literatura técnica existente válida en el estado del arte.

En general, el perfil y parámetros presentados en la Tabla anterior, representa los perfiles típicos encontrados durante la campaña de exploración. En el **Anexo 4**, se presentan los parámetros geotécnicos y las correlaciones.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 59 de 77		

10. ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

En este capítulo se hace el análisis del tipo de cimentación en función del criterio de profundidad de desplante y dimensiones geométricas de la estructura para determinar si es factible o no una cimentación del tipo superficial.

Para la obtención de los parámetros de diseño, se efectúan cálculos con correlaciones matemáticas, debidamente establecidas en el estado del arte, que permiten obtener órdenes de magnitud para el cálculo de la capacidad portante y su posterior validación en la información secundaria y en la literatura técnica.

10.1. Cimentación Superficial

Para cimientos superficiales cimentaciones superficiales, se adopta la formulación general de capacidad portante de Terzaghi, en función de los parámetros adicionales de carga que depende única y exclusivamente del ángulo de fricción. Como criterios generales de cimentación, se tienen en cuenta:

- Carga a nivel de cimentación. Comparación esfuerzo admisible respecto al esfuerzo aplicado.
- Profundidad del perfil de socavación local y generalizada.
- Criterio económico.

Para el cálculo de la capacidad de carga admisible de las estructuras en estudio definidas para este documento, se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma_{adm} = \frac{C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 1/2 * \gamma * B * N_\gamma}{F.S}$$

En donde los factores adimensionales N_c (obtenida por Prandtl, 1921), N_q (Reussner, 1924) y N_γ (Kersiles 1953 y Vesic 1973) corresponden a:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \phi / 2 \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

A partir de los resultados de laboratorio obtenidos de los ensayos ejecutados sobre las muestras recuperadas durante la exploración geotécnica, se procede a realizar los cálculos correspondientes a capacidad portante del terreno y cálculo de

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 60 de 77		

asentamientos debido al emplazamiento de las estructuras requeridas, en función de las cargas a nivel de cimentación transmitidas al suelo de fundación.

A continuación, se presentan los parámetros del material de fundación para el cálculo de la capacidad portante del terreno sobre el cual se pretende cimentar la Cubierta del polideportivo:

Material de Fundación	
γ (ton/m ³)	1.71
q_u (ton/m ²)	10.90
S_u (ton/m ²)	5.45
ϕ (°)	20.00
K_a	0.49
K_p	2.04
N.F. (m)	-
Factor de Seguridad (FSICP)-NSR -10	3.00

Tabla 21. Parámetros del material de fundación para el cálculo de la cimentación.

Así mismo, se presenta el cálculo de la capacidad portante para la profundidad de desplante (Df) 1.00 m.

10.1.1 Verificación de capacidad portante

Para la evaluación de verificación de la capacidad portante se tomó como profundidad de desplante un **Df= 1.00m.**

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 61 de 77		

Referencia	Dimensiones		Cargas ton	Capacidad portante admisible q _{adm} (ton/m²)	Verificación Capacidad Portante (carga real) q (ton/m²)	¿Cumplimiento?
	B (m)	L (m)				
AULAS	1.35	1.35	27.34	16.46	15.00	Cumple
	1.20	1.20	18.76	16.85	13.03	Cumple
	1.10	1.10	11.67	17.10	9.65	Cumple
SERVICIO	1.00	1.00	12.98	17.55	12.98	Cumple
CAFETERIA (CUBIERTA)	1.00	1.00	13.88	17.55	13.88	Cumple
	1.20	1.20	20.75	16.85	14.41	Cumple
ADMINISTRACIÓN	1.30	1.30	27.11	16.58	16.04	Cumple

Tabla 22. Verificación de capacidad portante Df=1.00m.

En función de los cálculos anteriores, se tiene que la capacidad de carga tiene suficiencia de capacidad de soporte a un 1.00 m de profundidad de desplante, situación que conlleva a definir la necesidad de verificar los niveles de deformación con el fin de entregar el procedimiento de mitigación de este. En el **Anexo 5**, se presentan las memorias de los cálculos de capacidad portante.

10.2. Consideraciones para el cálculo de los Asentamientos

Se efectúa el análisis del incremento de esfuerzos, se calculan los asentamientos inmediatos usando la teoría de la elasticidad y asentamientos por consolidación unidimensional de los estratos arcillosos o limosos; así las cosas, los asentamientos totales se obtienen como resultado de la suma de los inmediatos y de consolidación.

Incremento de esfuerzo

Los incrementos de esfuerzo se calcularon a partir de la teoría desarrollada por Holl (1940) para calcular incrementos bajo un área rectangular cargada uniformemente.

$$\Delta\sigma_z = q_0 \frac{1}{2\pi} \left[\tan^{-1} \frac{\ell \cdot b}{z \cdot R_3} + \frac{\ell \cdot b \cdot z}{R_3} \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]_4$$

Dónde:

$\Delta\sigma_z$ = Incremento de esfuerzo (ton/m²).

⁴ Holl, D.L., 1940. Stress transmission in earths. Proc. High. Res. Board, Vol. 20, pp.709-721.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 62 de 77		

q_0 = Carga uniformemente distribuida (ton/m²).

$$R_1 = (\ell^2 + z^2)^{1/2}$$

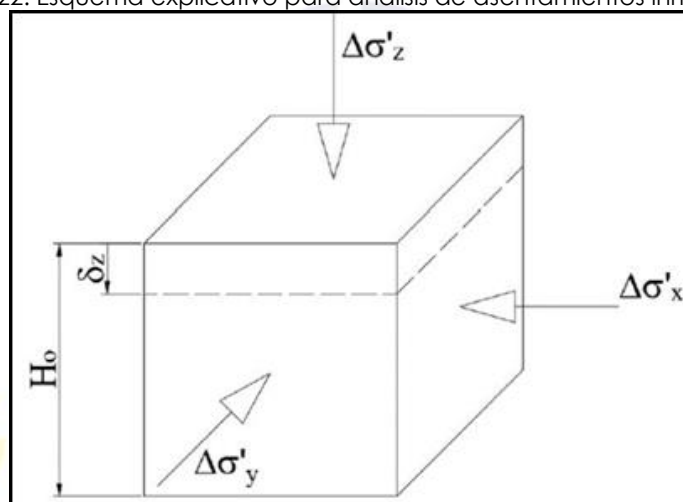
$$R_2 = (b^2 + z^2)^{1/2}$$

$$R_3 = (\ell^2 + b^2 + z^2)^{1/2}$$

Z = Profundidad (m).

b y ℓ corresponden al ancho (m) y largo de la superficie cargada (m).

Figura 22. Esquema explicativo para análisis de asentamientos inmediatos.



Finalmente, el asentamiento del suelo se establece con la siguiente ecuación:

$$\delta_z = \epsilon_z * H_0$$

Para determinar el módulo de elasticidad del suelo se empleó el valor promedio obtenido a partir de las siguientes expresiones⁵:

$$E = 320 * (N_{55} + 15) \text{ para arcillas arenosas}$$

$$E = 300 * (N_{55} + 6) \text{ para limos y arcillas limosas}$$

Asentamientos por consolidación

⁵ BOWLES, Joseph, "Foundation Analysis and Design" Fifth Edition

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 63 de 77		

Los asentamientos por consolidación se dan a lo largo del tiempo, y ocurren en suelos cohesivos (arcillas y limos) saturados cuando son sometidos a una carga que genera un aumento gradual en el esfuerzo efectivo en la medida en que se disipa el exceso de presión de poros; así las cosas, a continuación, se presenta las fórmulas empleadas para realizar el análisis:

El asentamiento por consolidación ha sido calculado con la siguiente metodología:

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H$$

Dónde:

S_c : Asentamiento por consolidación.

Δe : Cambio total de la relación de vacíos.

e_0 : Relación de vacíos inicial.

H: Altura del estrato.

El cambio total de la relación de vacíos (Δe) es calculada con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta e = C_c * \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_o} \text{ (para arcillas normalmente consolidadas)}$$

$$\Delta e = C_r * \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_o} \text{ (para arcillas sobreconsolidadas con } \sigma'_o + \Delta \sigma' < \sigma'_c \text{)}$$

$$\Delta e = C_r * \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} + C_c * \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \text{ (para arcillas sobreconsolidadas con } \sigma'_o + \Delta \sigma' < \sigma'_c \text{)}$$

Dónde:

σ'_o : Esfuerzo efectivo del suelo.

$\Delta \sigma$: Incremento de esfuerzo por la construcción de la edificación.

σ'_c : Esfuerzo de preconsolidación.

C_c : Índice de compresión.

C_r : Índice de recompresión, se puede asumir entre 1/4 y 1/10 del valor del Índice de compresión.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 64 de 77		

El valor de C_c se estima con la formulación propuesta por Helenelund (Finlandia), para arcillas in situ:

$$C_c = 0.85 * W^{3/2}$$

Dónde: W: Humedad natural

En el **Anexo 6**, se presentan las memorias del cálculo de los asentamientos para las estructuras.



INGELABCON S.A.S.
 Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 65 de 77		

10.2.1 Verificación de Asentamientos

Para la evaluación de verificación de los asentamientos se tomó como profundidad de desplante un **Df= 1.00m**

Referencia	Dimensiones		Cargas	Asentamientos cargas máximas (m)			Asentamientos cargas reales (m)		
							Verificación		
	B (m)	L (m)		Inmediato (Si)	Consolidación (Sc)	Total	Inmediato (Si)	Consolidación (Sc)	Total
AULAS	1.35	1.35	21.49	0.0273	0.0214	0.0487	0.0196	0.0158	0.0354
	1.20	1.20	14.999	0.0255	0.0207	0.0462	0.0157	0.0131	0.0288
	1.10	1.10	8.07	0.0242	0.0202	0.0444	0.0094	0.0067	0.0161
SERVICIO	1.00	1.00	10.18	0.0228	0.0195	0.0423	0.0132	0.0113	0.0245
CAFETERIA (CUBIERTA)	1.00	1.00	10.99	0.0228	0.0195	0.0423	0.0143	0.0123	0.0266
	1.20	1.20	16.19	0.0255	0.0207	0.0462	0.0170	0.0142	0.0312
ADMINISTRACIÓN	1.30	1.30	25.98	0.0267	0.0212	0.0479	0.0248	0.0199	0.0446

Tabla 23. Verificación de asentamientos Df=1.00m.

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

11. ANÁLISIS RESULTADOS ENSAYO CBR Y RECOMENDACIÓN DE MEJORAMIENTO

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante o competencia mecánica de los materiales de fundación de una placa de concreto se realizó el ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio), donde se tomó (3) muestras de CBR. A continuación, se resumen los valores obtenidos:

N° de Apique	TIPO DE CBR	CBR					
		Sin sumergir			Sumergido		
		CBR, 0.1" (%)	CBR, 0.2" (%)	HUMEDAD (%)	CBR, 0.1" (%)	CBR, 0.2" (%)	HUMEDAD (%)
CBR 1	INALTERADO	5.03	4.73	21.71%	3.78	3.43	28.97%
CBR 3	INALTERADO	5.93	5.38	25.78%	4.03	3.82	28.63%
CBR 4	INALTERADO	4.70	4.18	18.36%	3.48	2.47	22.60%

Tabla 24. Resultados de CBR.

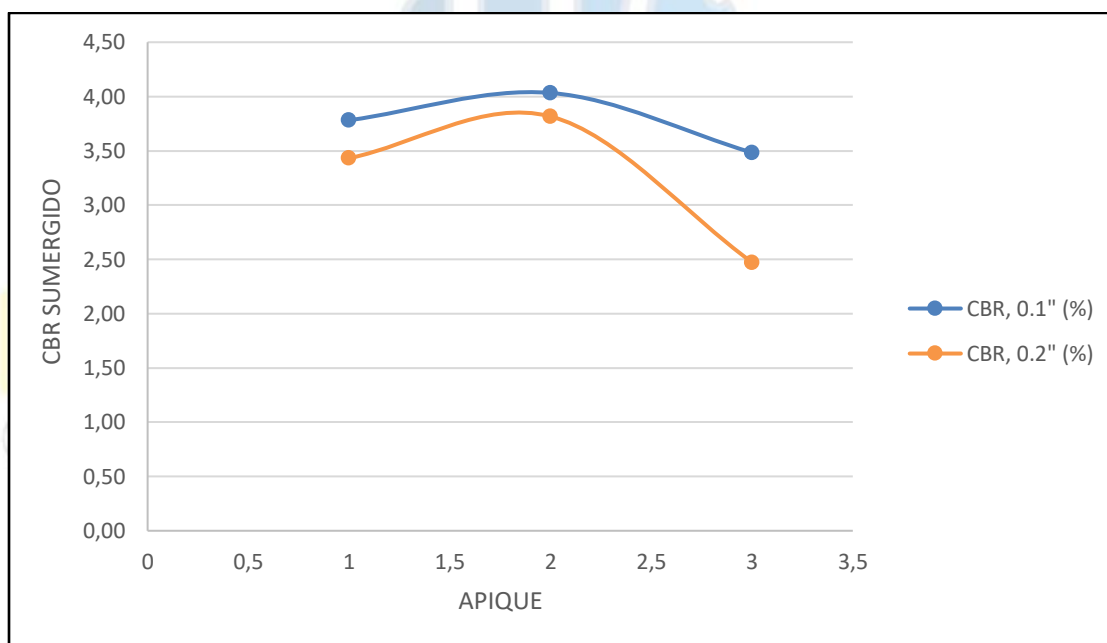


Figura 23. Resultados de CBR-Subrasante.

De acuerdo con los resultados para los ensayos de laboratorio, se encontró que el CBR sumergido oscila entre 3.48% y 4.03% a lo largo tramo auscultado, con un valor promedio de 3.76% en condición saturada.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 67 de 77		

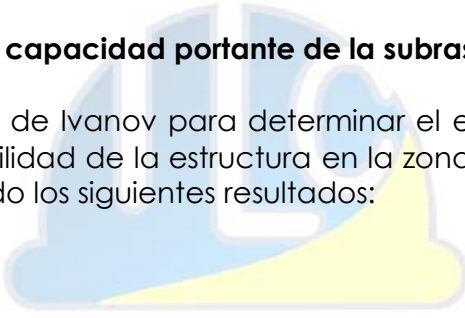
Nota: Se utiliza el CBR sumergido con el objetivo de contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura, es decir, un nivel de saturación del suelo de subrasante.

El análisis CBR de diseño se realizará aplicando la siguiente metodología para su selección: cuando se tengan menos de 5 resultados, se recomienda tomar el menor valor de resistencia, cuando se tengan 5 resultados o más, se pueden usar otros métodos por ejemplo por el criterio de la media o del Instituto de Asfalto. (Sánchez Sabogal Fernando, Modulo 6: Evaluación de la subrasante).

Según lo anterior, el CBR de diseño se toma con respecto al promedio debido a que solo se presentan 3 muestras, por lo tanto, el **CBR de diseño será igual a 3.76%.** **(Anexo 7)**

11.1. Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante

Se utiliza la metodología de Ivanov para determinar el espesor de mejoramiento que garantizará la estabilidad de la estructura en la zona de estudio proyectada. **(Ver Anexo 8)**, obteniendo los siguientes resultados:


INGELABCON S.A.S.
 Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

Fórmula de Ivanov – Calculo de Capacidad Portante Equivalente							
CBR de Subrasante (%): 3.76		$E_{1-2} = \frac{E_2}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right) \tan^{-1}(n) \left(\frac{h_1}{2a} \right)}$ $n = \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^{\frac{1}{2.5}}$					
CBR del mejoramiento (%): 10.00							
CBR de SBR (%)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm²)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm²)	CBR eq (%)	n	2a
3.76	419.3	784.1	5.0	454.8	4.30	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	10.0	493.1	4.88	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	15.0	531.7	5.49	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	20.0	568.4	6.09	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	25.0	602.1	6.66	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	30.0	632.5	7.20	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	35.0	659.5	7.68	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	40.0	683.5	8.12	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	45.0	704.8	8.52	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	50.0	723.8	8.88	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	55.0	740.6	9.21	1.28	30.14
3.76	419.3	784.1	60.0	755.8	9.51	1.28	30.14

Para un CBR de diseño de 3.76% utilizando un material de mejoramiento cuyo CBR mínimo debe ser 10% se obtiene un espesor de mejoramiento mínimo de 15 cm para mejorar la capacidad de la subrasante a un 5% del CBR.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 69 de 77		

12. ANALISIS DE ZONAS DURAS-PLACAS

Con el fin de obtener recomendaciones del espesor de las placas y tipo de material de soporte para la estructura, se utilizó el modelo planteado por Westergaard. La magnitud de la carga evaluada corresponde a 0.94 Ton/m².

12.1. Metodología

Para la aplicación del método planteado, se consideraron las siguientes hipótesis:

- Se supone que la losa es de espesor uniforme y que se comporta como un medio elástico lineal, homogéneo, isótropo y continuo, caracterizado mecánicamente por su módulo de elasticidad y su coeficiente de Poisson.
- La losa está en equilibrio bajo la acción de las cargas, su peso propio, las reacciones de las losas continuas y la del apoyo.
- La reacción del apoyo se considera en cada punto proporcional al hundimiento del mismo (macizo de Winkler) con una constante de proporcionalidad denominada módulo de reacción o de balasto.

Las ecuaciones utilizadas a las planteadas por Westergaard y actualizadas por Winter y Nilson, 1997, que fueron utilizadas en el modelo son las siguientes:

- Esfuerzo en la esquina de la losa

$$\sigma_e = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{L} \right)^{0,6} \right]$$

- Esfuerzo en el centro de la losa

$$\sigma_c = 0,316 \frac{P}{h^2} \left[\log(h^3) - 4 \log \left(\sqrt{1,6a^2 + h^2} - 0,675 \right) - \log(k) + 6,48 \right]$$

- Esfuerzo en el centro de la losa

$$\sigma_b = 0,572 \frac{P}{h^2} \left[\log(h^3) - 4 \log \left(\sqrt{1,6a^2 + h^2} - 0,675 \right) - \log(k) + 5,77 \right]$$

- Radio de rigidez relativa (L)

$$L = \sqrt[4]{\frac{Eh^2}{12(1-\nu^2)k}}$$

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 70 de 77		

Donde,

a = Radio de contacto equivalente

k = Módulo de reacción del terreno

E = Módulo de elasticidad del concreto hidráulico

h = Espesor de la losa

v = relación de poisson

Como se expresó anteriormente, las losas fueron evaluadas en tres puntos críticos basado en el modelo planteado con el fin de simular las condiciones más críticas. **(Ver anexo 9).**

12.2. Estructura recomendada

En general, la estructura recomendada está compuesta por una capa de material seleccionado, de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, del Instituto Nacional de Vías-INVIA, 2022, y una capa de concreto hidráulico, cuyo espesor varía según el nivel de carga aplicado.

En este caso el suelo presenta un CBR<5%, lo cual indica que necesita material seleccionado para mejorar su capacidad portante, para ello se recomienda una capa de mejoramiento de 15 cm, sobre toda el área del proyecto, para contrarrestar la posible expansión de los suelos encontrados en condiciones de saturación.

El material de mejoramiento que se deberá utilizar consiste en un suelo seleccionado tipo afirmado (Art. 311-22 del INVIA).

En el modelo planteado, el espesor de la losa es el factor más crítico, es por esto por lo que se debe tener especial cuidado durante la construcción.

Estructura para evitar Expansión			
Material	Espesor (m)	γ (Ton/m ³)	σ (Ton/m ²)
Losa	0.20	2.40	0.48
Subbase Granular	0.15	2.40	0.36
Mejoramiento	0.15	2.00	0.30
Esfuerzo Total Estructura (Ton/m²)			<u>1.140</u>

Tabla 25. estructura de pavimento propuesta en los estudios.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-I001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 71 de 77		

De la Tabla anterior, se tiene que el esfuerzo total producido por la estructura corresponde a 1.140 Ton/m², con lo que se contrarrestaría la presión probable de expansión más crítica ejercida por el suelo de 0.906 Ton/m².

12.3. Características geométricas de la losa de concreto hidráulico

En la eventualidad, que por las condiciones geométricas sea necesaria la modulación de la losa propuesta, se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- **Relación largo - espesor**

Para garantizar el adecuado comportamiento de las losas de concreto, la máxima relación largo/espesor será:

$$\frac{L}{e} \leq 24$$

Donde:

L: Longitud de la losa.

e:Espesor de la losa.

Se recomienda que la relación largo/ancho de la losa presente valores entre 1 y 1.4. Si el valor de la relación es cercano a 1 (uno), mejor será el comportamiento de las losas. En general las losas construidas en concretos simples deben ser cuadradas o rectangulares, de lo contrario deben ser reforzadas.

Respecto a losas irregulares o que coincidan con registros de inspección, se hace necesario el refuerzo de la losa con una parrilla con varillas de diámetro ½" espaciadas cada 0.25 m. Así mismo, cuando se presente estructuras o elementos fijos, como columnas, se debe realizar juntas de aislamiento.

Para la retracción del fraguado y temperatura del concreto hidráulico en la losa se deberán reforzar con mallas electrosoldadas, utilizando como mínimo malla del tipo M-188 o similar (varillas de 6mm de diámetro cada 15 cm en ambas direcciones).

- **Juntas**

Las juntas son grietas planificadas o sitios inducidos de quiebre, existen de diferentes tipos y cada uno cumple una función específica. A continuación, se describen los principales tipos de juntas:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 72 de 77		

Juntas de contracción: Estas juntas tiene como función crear planos débiles en las losas de concreto y regular la ubicación de grietas que se formarán como resultado de cambios volumétricos.

Juntas de aislamiento o expansión: Estas juntas distancian o aíslan las losas de otras partes de la estructura, tales como es, columnas, y demás elementos fijos o estructurales.

Juntas de construcción: Son juntas donde se encuentran dos vertidas sucesivos de concreto. Estas son generas al final de día de trabajo o por problemas de suministro de material o problemas climáticos.

- **Sello de juntas**

El sello de juntas se hará de acuerdo con lo consignado en el capítulo 5, de las Especificaciones Generales de carreteras del INVIAS, versión 2013 o especificaciones similares destinadas para tal fin.



INGELABCON S.A.S.
 Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 73 de 77		

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Los diseños y recomendaciones aquí presentados están basados en la exploración geotécnica realizada en el sitio en el cual se proyectan los **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SEDE DEL SENA ALTO SINU, MUNICIPIO DE TIERRALTA.**

- La campaña de exploración constó de siete (7) sondeos en los que se profundizó a 6.00 m, presentando rechazo en todos los sondeos realizados, a profundidades entre 2.00 y 3.00 metros, también se realizaron cuatro (4) apiques con determinación de CBR a 1.50 m de profundidad.
- Los parámetros y recomendaciones aquí presentadas están basadas en la exploración geotécnica realizada en el sector del proyecto, en el cual, se pretende realizar la construcción de las estructuras proyectadas.
- Respecto a los resultados de laboratorio reportados para las muestras evaluadas, se tiene que, se presentan problemas relacionados con el potencial de licuación en los sondeos 4 y 5 en el segundo estrato de las muestras de suelo estudiadas.
- Durante la campaña de exploración geotécnica **no se evidenció** presencia de nivel freático.
- Para contrarrestar la posible expansión de los suelos encontrados en condiciones de saturación se recomienda una capa de mejoramiento de 15 cm, sobre toda el área del proyecto.

Mejoramiento del área del proyecto

- Se requiere un espesor mínimo de 15 cm de mejoramiento sobre toda el área del proyecto, para mejorar la capacidad portante y garantizar la estabilidad de las estructuras, a su vez contrarrestando la posible expansividad de los suelos encontrados. En todo caso el material de relleno recomendado corresponde a un suelo seleccionado que cumpla con lo establecido en la Especificaciones General para la Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS en su Artículo 311-22.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 74 de 77		

➤ CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

- Se presentan los ábacos de diseño para la determinación de la capacidad de soporte del suelo en función de las dimensiones de la cimentación (zapatas). En el documento y en las memorias de cálculo se presenta los valores requeridos para el análisis estructural y la definición de la cimentación.
- Se analizó la profundidad de desplante (Df) de 1.00m, se calculó la capacidad portante, carga aplicada y asentamientos para la cimentación propuesta.
- Se realizó la verificación de las capacidades portantes para las distintas dimensiones de zapatas, se evaluaron con las cargas reales (cargas ultimas) y se obtuvo que para todas las dimensiones cumplen las capacidades portantes.
- Se realizó la verificación de los asentamientos para las distintas dimensiones de zapatas, se evaluaron con las cargas reales (cargas de servicio), obteniendo valores de asentamiento menores que los presentados con las cargas admisibles.
- La cimentación proyectada no deberá estar cimentada en materiales orgánicos de bajas capacidades geomecánicas que pongan en riesgo la estabilidad de la obra.
- Los estratos de cimentación deberán ser revisados y aprobados en obra por un especialista en Geotecnia, para validar las hipótesis de diseño establecidas por esta Consultoría.
- En todo caso el material de relleno recomendado corresponde a un suelo seleccionado que cumpla con lo establecido en la Especificaciones General para la Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS en su Artículo 311-22.
- Para llevar a cabo la exitosa construcción de la cimentación propuesta, se recomiendan los procedimientos constructivos establecidos en las Especificaciones Técnicas de construcción del INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS en su versión 2022, al igual que las normas de seguridad industrial, y de impacto ambiental vigentes en el momento de ejecución de las obras.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba

Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 75 de 77		

Recomendaciones Zonas duras

- Se recomienda una estructura de 0.15 m material de afirmado tipo INVIA (Art. 311) y un espesor mínimo de placa en concreto hidráulico de 0.20 m, tal estructura ejerce una presión en el suelo de 1.140 Ton/m², la cual contrarresta cualquier presión probable de expansión determinada en el presente estudio y cambios volumétricos generados.



INGELABCON S.A.S.
 Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

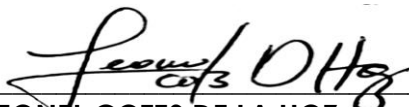
Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 76 de 77		

14. LIMITACIONES

Este informe y las recomendaciones que aquí se consignan se realizan con base en las perforaciones realizadas en campo y con las muestras obtenidas y llevadas a laboratorio, a las cuales se les practicaron los ensayos respectivos anteriormente descritos.

Si por cualquier motivo durante los trabajos de diseño y construcción surgen variaciones y se observan otras condiciones del subsuelo se solicita que se comuniquen con el consultor con el fin de realizar los ajustes que sean del caso.


LEONEL COTES DE LA HOZ
 Consultor en Geotecnia / Pavimentos
 Magister en Ingeniería-Geotecnia
 Ingeniero Civil
 Celular 300 428 97 34


JESÚS DAVID PIZARRO FERNANDEZ
 Coordinador de Consultoría INGELABCON S.A.S.
 Ingeniero Civil
 Celular: 314 631 74 10

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

CÓDIGO: CO-F-1001	FORMATO	 INGELABCON S.A.S. Confiable en nuestros resultados
FECHA: 07/07/2021		
VERSIÓN: 01	INFORME GEOTÉCNICO	
Página 77 de 77		

ANEXOS

- **Anexo 1. Perfiles Estratigráficos y Ensayos de Laboratorio.**
- **Anexo 2. Análisis de potencial de expansión.**
- **Anexo 3. Potencial de Licuación.**
- **Anexo 4. Correlaciones SPT-Parámetros Geotécnicos.**
- **Anexo 5. Memoria de cálculo de la Capacidad portante.**
- **Anexo 6. Memoria de cálculo de los Asentamientos.**
- **Anexo 7. Resultados de CBR.**
- **Anexo 8. Metodología de Ivanov.**
- **Anexo 9. Memoria de cálculo espesor de placa por Westergard.**


INGELABCON S.A.S.
 Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S

NIT. 901.124.673-8

Oficina: Calle 44 #1a-60 Barrio Sucre – Montería –Córdoba
 Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com