



# **ESTUDIO GEOTÉCNICO**

**NORMA APLICADA NSR-10**

**TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA**  
**Capacidad 20.000 m<sup>3</sup>**  
**PLANTA DE TRATAMIENTO**  
**VALLEDUPAR (CESAR.)**

**EMDUPAR SA ESP.**  
SOLICITANTE  
**CONTRATO No. 113 DE 2014**



**ARMANDO RIVERO INGENIEROS SAS**  
CONSULTOR

Valledupar, Febrero de 2015

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	2
TRABAJO DE CAMPO .....	3
ENSAYOS DE LABORATORIO .....	4
ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLOGICOS .....	4
ESTRATIGRAFÍA .....	6
EFFECTOS SISMICOS LOCALES .....	6
GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA .....	6
ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN .....	7
CONTENCIONES .....	8
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	9

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objeto desarrollar el estudio geotécnico en el área de terreno donde se proyecta la construcción del tanque de almacenamiento de agua potable con capacidad para 20.000 m<sup>3</sup>, proyecto incluido dentro del plan de desarrollo del sistema de acueducto de la ciudad de Valledupar, Departamento del Cesar.

La estructura del tanque proyectado es regular dimensiones aproximadas de 70 m x 70 m y altura de 4.50 m semienterrado la cual se proyecta cimentar a un nivel de -3.0 m a partir del terreno existente y está localizada dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento de Agua Potable del municipio.

Dentro del alcance de este documento está determinar el perfil estratigráfico del suelo, calcular la capacidad portante asociada al sistema de cimentación, dando las recomendaciones constructivas más relevantes desde el punto de vista geotécnico, incluyendo los coeficientes de empujes para contenciones.

Este trabajo se desarrolla en cumplimiento al contrato No. 113 DE 2014 suscrito entre la empresa Emdupar SA ESP y Armando Rivero Ingenieros SAS.

## CAPITULO I TRABAJO DE CAMPO

Apoyados en un equipo a rotación y lavado, se ejecutaron cinco (5) sondeos a profundidades entre -10.0 m y -15.0 m, desarrollándose en cada uno y a cada metro de profundidad el ensayo de penetración estándar (SPT), tomándose muestras de suelo para luego ser analizadas en laboratorio. Lo anterior cumpliendo con los requisitos del capítulo H.3.2 de la norma NSR-10.

Para realizar el ensayo SPT y toma de muestras alteradas nos apoyamos en la norma I.N.V. E111/07. La localización de sondeos se presenta en esquema anexo.

La localización de los sondeos fue coordinada con el solicitante, teniendo en cuenta la proyección en área del nuevo tanque, obteniendo los siguientes resultados del ensayo SPT.

PROF. (m)	NUMERO DE GOLPES/PIE (N <sub>60</sub> )				
	S#1	S#2	S#3	S#4	S#5
0.70 - 1.00	23	30	25	24	22
1.70 - 2.00	30	41	23	31	21
2.70 - 3.00	46	46	34	28	29
3.70 - 4.00	44	40	38	30	38
4.70 - 5.00	45	42	40	39	41
5.70 - 6.00	43	46	42	44	43
6.70 - 7.00	47	45	46	43	45
7.70 - 8.00	50	48	40	48	47
8.70 - 9.00	51	47	47	51	48
9.70 - 10.00	53	49	52	50	42
10.70 - 11.00	Rechazo	52	52	53	41
11.70 - 12.00		51	51	Rechazo	45
12.70 - 13.00		Rechazo	Rechazo		48
13.70 - 14.00					42
14.70 - 15.00					41

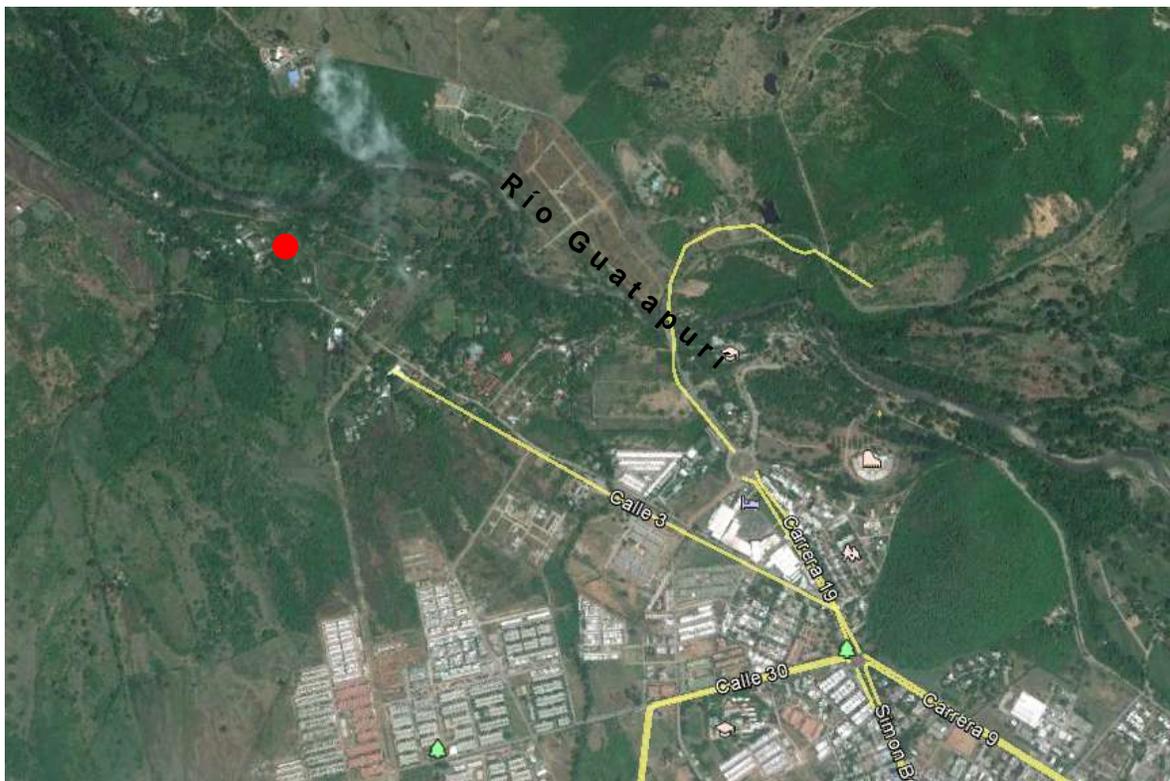
El ensayo de penetración estándar consiste en penetrar el suelo con un equipo a percusión que consta de una pesa de 140 lbs., la cual se deja caer desde una altura libre de 30"; contabilizándose el número de golpes necesarios para hincar un pie.

## CAPITULO II ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras obtenidas en los sondeos, se les llevaron a cabo ensayos de humedad natural, granulometrías, límite líquido y plástico y peso unitario acorde con las normas INV E-123 INV E-125 INV E-126.

## CAPITULO III ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLOGICOS

El área de estudio se encuentra sobre el Abanico Aluvial de Valledupar el cual circunda la ciudad, su ápice se desprende al Norte de la ciudad y se caracteriza por presentar una topografía plana a ligeramente inclinada, Ver Figura 1.



**Figura 1.** Abanico y llanura aluvial de Valledupar entre el río Guatapurí y su desembocadura en el río Cesar, imagen de satélite.

● Localización del área de proyecto.

### 3.1.1 Unidades litológicas presentes en el área.

#### Depósitos No Consolidados del Abanico Aluvial de Valledupar.

Son materiales productos de avalanchas que se producen en las partes altas de las vertientes y depositadas en las partes bajas y planas esencialmente. Estos depósitos son conocidos también como conos de deyección.

Están constituidos por bloques subangulares o subredondeados de tamaño variable desde 15 cm. hasta 150 cm. de diámetro, guijos, gravas gruesas y finas, su composición está representada por fragmentos de roca ígneas heterogéneos dentro de una matriz areno – limosa.

### 3.1.2 Características hidrogeológicas.

El Abanico Aluvial de Valledupar desarrolla un acuífero libre donde el nivel freático varía entre 2.0 y 5.0 m. de profundidad, ascendiendo en los periodos de verano entre 0.3 y 0.8 m. Los aljibes que explotan este acuífero presentan profundidades de 5 a 8 m de profundidad con un rendimiento que va desde 0.5 a más de 20 litros/seg. El agua es dulce, de tipo bicarbonatada cálcico – magnésica y sódica en menor proporción y presenta una conductividad eléctrica de 1000 mohm/cm<sup>1</sup>.

Tahal 1970, analizó las fluctuaciones de los pozos y aljibes en la zona de Valledupar y encontró que los niveles de agua varían de acuerdo con la densidad de las lluvias, estableciendo cuatro periodos al año. El reporte del pozo de observación No. 24 localizado cerca del área de estudio, Ver Figura 2, presenta un ascenso del nivel de agua entre septiembre y noviembre de 1970 de 2.08 m. para el periodo de lluvias y un descenso de 1.57 m. entre diciembre de 1970 y febrero de 1971, en el periodo seco.



Pozo de observación No. 24.

Diferencia de nivel de agua entre:  
(1970)

Mar. – May.	- 40 mm
Jun. – Ago.	- 220 mm
Sep. – Nov.	2080 mm
Dic. Feb (1971)	-1570 mm

● Área del proyecto.

**Figura 2.** Fluctuaciones del nivel de agua en el acuífero aluvial de Valledupar, Tahal (1972).

<sup>1</sup> Evaluación del Agua Subterránea en el Departamento del Cesar, Ingeominas, 1995.

## CAPITULO IV ESTRATIGRAFÍA

Desde el nivel superficial hasta el nivel explorado los suelos predominantes son intercalaciones de gravas (GM) y arenas (SM) limosas de plasticidad baja o nula, compacidad relativa que va de media a compacta a medida que se profundiza en la exploración.

A partir del nivel -3.0 m se extrajeron núcleos de roca, por lo cual se prevé que el saprolito de la matriz de roca sana inicia a estos niveles.

El nivel freático no se localizó hasta la profundidad explorada; cabe anotar que al momento de realizar el trabajo de campo, la zona de influencia del proyecto se encontraba en verano.

## CAPITULO V EFECTOS SISMICOS LOCALES

Teniéndose en cuenta la localización del proyecto, el tipo de suelo y el uso de éste, de acuerdo con la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo-Resistente (NSR-10), tenemos:

$A_a$  = Aceleración pico-efectiva,  $A_a = 0.10$

Zona de amenaza sísmica = Baja

Tipo de Perfil del suelo = C

Coefficiente  $F_a = 1.2$

Coefficiente  $F_v = 1.7$

Coefficiente de importancia = Grupo IV. Estructuras indispensables.

Valor coeficiente de importancia  $I = 1.0$  (A.1.3.3 NSR-10, Estructuras Especiales  $R_o = 2$ )

## CAPITULO VI GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA

El área en estudio es una zona escarpada con presencia de bloques de rocas a nivel superficial de tamaños mayores a  $D=1.0$  m; se encuentra influenciada por el piedemonte de la estribaciones de la Serranía del Perijá donde afloran y se extienden rocas ígneas y sedimentarias cuyas edades varían desde el triásico hasta el cuaternario correspondientes a la Formación Guatapuri (TRg); la Formación Volcánico Riolítico (JKvr); y el Grupo Cogollo (Kmc) respectivamente y rocas sedimentarias no consolidadas correspondiente a los Depósitos de Llanura de Inundación (QIIa).

## CAPITULO VII ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN

### CIMENTACIÓN EN LOSA

$D_f = 0.70$  m. (a partir del inferior de losa de cimentación)

$N = 22$  golpes/pie

$\Phi = 32.1^\circ$

$\gamma_1 = 1.46$  T/m<sup>3</sup>

$\gamma_{2\text{diseño}} = 1.63$  T/m<sup>3</sup>

### PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

$N_c = 39.2$

$N_q = 26.6$

$N_\gamma = 33.5$

### FACTORES DE FORMA

$\zeta_c = 1.00$

$\zeta_q = 1.00$

$\zeta_\gamma = 1.00$

Aplicando la ecuación de capacidad portante, tenemos:

$\sigma_u = 190.3$  Ton/m<sup>2</sup>

$\sigma_a = 63.4$  Ton/m<sup>2</sup>

Para lo cual se genera un asentamiento probable de 15 cm (Grande)

Fijando el asentamiento 2.0 cm para módulos de losa de 6 m x 6 m,

$\sigma_a = 20.1$  Ton/m<sup>2</sup> (Gobierna el diseño)

Coefficiente de reacción  $K_s = 918$  Ton/m<sup>3</sup>

Con lo anterior cumplimos con el F.S mínimo requerido en H.4.7 de la NSR-10.

## CAPITULO VIII CONTENCIONES

Los empujes en las contenciones dependen de la forma en que trabajen y las posibilidades de deformación que se proyecten; al considerar deformaciones se deberá utilizar un coeficiente de empuje cercano al activo, mientras que si las restringimos lateralmente, el coeficiente se acerca al de reposo.

Para muros convencionales (de gravedad) se recomienda utilizar los siguientes parámetros para su diseño y verificación, teniendo en cuenta la compatibilidad de deformaciones en el muro.

Suelo de cimentación (USC)	SC
Ángulo de fricción $\Phi$	30.0
Angulo de inclinacion del suelo $\beta$	0
Peso unitario de suelo $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.31
Fricción del suelo-muro $\mu$	0.25
Coefficiente activo $K_a$	0.37
Coefficiente pasivo $K_p$	1.89
Coefficiente al reposo $K_o$	0.55
Capacidad admisible $\sigma_a$ (Ton/m <sup>2</sup> )	12.4

## CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El estrato de arena limo arcillosa, de plasticidad nula y una compactación relativa media presente en el subsuelo al nivel -3.0 m, prevé un comportamiento adecuado de la cimentación, siguiendo las recomendaciones dadas en este informe.
- ❖ Para la cimentación del tanque se recomienda una cimentación en losa en concreto reforzado, cimentada a un nivel de -0.70 m a partir del nivel de la losa de cimentación. Sus dimensiones deben ser el resultado de la evaluación de las cargas de servicio que llegan al subsuelo y la capacidad portante de éste, la cual se fija en  $\sigma_a = 20.1 \text{ Ton/m}^2$  ( $2.0 \text{ kg/cm}^2$ ) y Coeficiente de reacción  $K_s = 918 \text{ Ton/m}^3$ . La losa debe ir apoyada directamente sobre el suelo-cemento.
- ❖ Subyacente a la losa, se recomienda un mejoramiento con suelo cemento al 4% en peso, excavando y reemplazando un espesor de 0.70 m en un área 20% mayor al de la losa. Con lo anterior logramos reducir los asentamientos diferenciales y efectos de borde por contacto. Este mejoramiento deberá realizarse con material seleccionado que cumpla especificaciones técnicas como terraplén selecto (INVIAS INV220/13), compactándolo en capas no mayores a 20 cm con densidades mayores al 95% del proctor modificado. Igualmente se debe compactar el suelo base de fundación antes de iniciar con la conformación del suelo cemento. El tanque debe quedar confinado y/o semienterrado por lo menos tres (3) metros por debajo de nivel de terreno.
- ❖ Efectos sísmicos locales: Aceleración pico-efectiva = 0.10; Velocidad pico-efectiva: 0.10, Tipo de Perfil del suelo = C, Coeficiente  $F_a = 1.4$ , Coeficiente de importancia Grupo IV Edificaciones indispensables, Valor coeficiente de importancia  $I = 1.0$  (A-1.3.3 NSR-10) (Estructuras Especiales  $R_o = 2$ , tabla A-1.3-1)
- ❖ Los asentamientos probablemente se causarán durante la etapa constructiva de la estructura, se prevén a corto plazo; sin embargo de debe rigidizar y configurar la geometría de la losa de cimentación de tal forma que absorba los sobreesfuerzos causados por el efecto de la relación Longitud / Espesor.
- ❖ Las excavaciones se podrán ejecutar a máquina con talud vertical con posibilidad de derrumbes, esta excavación deberá realizarse en el menor tiempo posible evitando las épocas de invierno con el fin de no saturar el suelo base de fundación lo cual modificaría las propiedades de resistencia mecánica del suelo. A estos niveles se debe proyectar el retiro de bloque de roca de gran tamaño ( $D=1.0 \text{ m}$ ). Para

el muro de contención, de acuerdo con las posibilidades de deformación con que se diseñe se deberá utilizar un  $K_a=0.37$  o  $K_o=0.55$ .

No se prevén excavaciones en ladera ni rellenos significativos.

- ❖ Se recomienda que el material sobrante de excavación no sea acopiado en las proximidades de la excavación con el fin de no causar sobreesfuerzos en estas áreas que puedan generar deslizamientos o movimientos del talud. Igualmente no proyectar zonas de acopio de materiales.
- ❖ Con el material sobrante de excavación a partir del nivel -1.0 m puede viabilizar su uso para los rellenos a los costados de los muros, previa caracterización y confirmación en laboratorio.
- ❖ Se recomienda llevar un estricto control de calidad en la etapa constructiva con el fin de garantizar la calidad de los materiales y el cumplimiento de las recomendaciones hechas en este informe.
- ❖ Cualquier aspecto diferente que se encuentre en terreno debe ser informado a esta Consultoría.

**ARMANDO JOSÉ RIVERO GALVIS**  
Ingeniero Civil - Magíster Ing. Civil  
Especialista Mecánica de Suelos y Cimentaciones.  
MP. 25202-101877 CND

**ARMANDO RIVERO ROYERO**  
Ingeniero Civil – Especialista en Estructuras  
Director del proyecto

# ANEXOS

## REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ejecución sondeo con equipo rotopercutor



Ejecución sondeo con equipo rotopercutor



Ejecución sondeo con equipo rotopercutor



Ejecución sondeo con equipo rotopercutor