



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TEMA:**

**Análisis comparativo entre cimentación con rellenos convencionales y *sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos*, sobre depósitos de suelos blandos (Casos de edificaciones en Guayaquil y Samborondón).**

**AUTOR:**

**Wong Magnalardo, Nicolás Ottón**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Grau Sacoto, Francisco Javier M.Sc.**

**Guayaquil - Ecuador**

**20 de septiembre del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Wong Magnalardo, Nicolás Ottón** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Grau Sacoto, Francisco Javier M.Sc

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.

**Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Wong Magnalardo, Nicolás Ottón**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Análisis comparativo entre cimentación con rellenos convencionales y sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, sobre depósitos de suelos blandos (Casos de edificaciones en Guayaquil y Samborondón)**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2022**

**EL AUTOR**

f.

\_\_\_\_\_  
**Wong Magnalardo, Nicolás Ottón**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Wong Magnalardo, Nicolás Ottón**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis comparativo entre cimentación con rellenos convencionales y sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, sobre depósitos de suelos blandos (Casos de edificaciones en Guayaquil y Samborondón)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2022**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Wong Magnalardo, Nicolás Ottón**

# REPORTE URKUND



## Document Information

Analyzed document	NICOLÁS WONG SEPTIEMBRE 2022.docx (D144245972)
Submitted	9/17/2022 1:19:00 AM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / TRABAJO DE TITULO HENRY SANCHEZ.doc</b> Document TRABAJO DE TITULO HENRY SANCHEZ.doc (D26824382) Submitted by: claglas@hotmail.com Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.arkund.com	 8
<b>SA</b>	<b>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / TRABAJO DE TITULO HENRY SANCHEZ.docx</b> Document TRABAJO DE TITULO HENRY SANCHEZ.docx (D26111425) Submitted by: claglas@hotmail.com Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.arkund.com	 1
<b>SA</b>	<b>TITULACION LUZARDO-MORENO_.pdf</b> Document TITULACION LUZARDO-MORENO_.pdf (D130571778)	 1

TUTOR|



f. \_\_\_\_\_  
Ing. Grau Sacoto, Francisco Javier M.Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a toda mi familia por acompañarme en este camino y poder llegar a la culminación de esta etapa de mi vida, siempre apoyándome incondicionalmente en todas las decisiones tomadas para cumplir mis metas.

Agradecimiento especial a mi abuelo el Ing. Ottón Wong Carrera (+), a mi padre el Ing. Elio Wong Lama y a mi tío el Ing. Ottón Wong Lama, ya que gracias a ellos tuve la suerte de elegir esta increíble carrera y poder seguir sus pasos.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, que compartieron sus conocimientos y anécdotas a lo largo de la carrera para la vida personal y laboral.

A los directivos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por ayudar a los estudiantes a emprender en esta carrera con mucho futuro por delante y así poder aportar de la mejor manera a los proyectos que tiene nuestro país.

A todos los amigos y compañeros que estuvieron conmigo a lo largo de esta carrera, con los que compartí muchos momentos inolvidables y que juntos culminamos esta etapa, de la cual nos propusimos muchos retos para hacerla lo mejor posible y sacar la mayor cantidad de enseñanzas para nuestro futuro.

A la compañía ELOT Construcciones y a todo su personal, en especial a mi padre el Ing. Elio Wong Lama y mi tío el Ing. Ottón Wong Lama que me dieron el privilegio de pertenecer a la empresa durante todos estos años de estudio, para poder aplicar en la vida real los conocimientos impartidos por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

A mi tutor el Ing. Francisco Grau Sacoto y al Ing. Allan Mora Orellana, por haberme guiado durante la realización de este trabajo y poderlo culminar exitosamente.

Gracias por todo Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por ayudarme a terminar exitosamente una etapa más en vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Federico Von Buchwald, PHD.**  
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Gilberto Martínez Rehpani, M.Sc.**  
COORDINADOR DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Daniel de la Pared, M. Sc.**  
OPONENTE



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Ubicación o Zona de Estudio .....	7
1.3 Metodología.....	8
1.4 Hipótesis.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
3. MARCO TEÓRICO.....	10
3.1 Tipos de Cimentaciones para Edificaciones.....	10
3.2 Teorías para Calcular Asentamientos .....	16
4. PROYECTOS OBJETO DEL ESTUDIO: PROYECTO COMERCIAL OM CENTER Y RESIDENCIA HA.....	19
4.1 Descripción de los Proyectos.....	19
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES: CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS.....	34
5.1 Proyecto 1: OM Center Building.....	35
5.2 Proyecto 2: Obra HA – Plaza Lagos .....	40
6. ANÁLISIS DE COSTOS .....	45
6.1 Proyecto 1: OM CENTER .....	46
6.2 Proyecto 2: Residencia HA – Plaza Lagos.....	50
7. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN PERALTADA CON MUROS DE BLOQUES Y VACÍOS.....	54
7.1 PROYECTO 1: OM CENTER .....	54
7.2 PROYECTO 2: Obra HA – Plaza Lagos .....	67

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
9. BIBLIOGRAFÍA.....	86

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fotografía del Coliseo Romano, construido hace más de 2000 años.....	3
Ilustración 2. Corte Transversal del Coliseo Romano, en el que se puede apreciar la gran losa de cimentación y, las zapatas corridas sobre la que se asienta la plataforma o escenario central del Coliseo. Fotografía satelital del área de estudio (Tandazo).....	4
Ilustración 3. Fotografía del Interior del Coliseo Romano (Tandazo, E. & Ramírez, J., 2009) .....	5
Ilustración 4. Fotografía del Interior del Coliseo Romano, en la que se puede observar los muros sobre zapatas corridas, empotrados en el suelo subyacente, sobre los que el entibado de madera, constituía el soporte de la arena. (Tandazo, E. & Ramírez, J., 2009).....	6
Ilustración 5. En la fotografía se observa, las 3 zonas de la ciudad de Guayaquil, en donde se encuentran este tipo de suelos blandos.....	7
Ilustración 6. Colocación de pilote de hormigón prefabricado. ....	11
Ilustración 7. Armado de plinto.....	12
Ilustración 8. Armado de zapata en un sentido. ....	13
Ilustración 9. Armado de zapatas en dos sentidos. ....	14
Ilustración 10. Armado de losa de cimentación.....	15
Ilustración 11. Mapa de Guayaquil donde se encuentra la obra OM Center.	20
Ilustración 12. Mapa satelital de Guayaquil donde se encuentra la obra OM Center.....	20
Ilustración 13. Planta de cimentación de obra OM Center. ....	21
Ilustración 14. Diseño arquitectónico PB obra OM Center. ....	22

Ilustración 15. Render ingreso fachada frontal.....	23
Ilustración 16. Render fachada frontal. ....	23
Ilustración 17. Render fachada izquierda.....	24
Ilustración 18. Render fachada derecha. ....	24
Ilustración 19. Obra OM Center en su estado actual.....	25
Ilustración 20. Estudio de suelos obra OM Center. ....	26
Ilustración 21. Mapa de Samborondón donde se encuentra la Obra HA.....	27
Ilustración 22. Mapa satelital de Samborondón donde se encuentra la Obra HA. ....	28
Ilustración 23. Planta de cimentación Obra HA.....	28
Ilustración 24. Planta diseño arquitectónico Obra HA. ....	29
Ilustración 25. Render fachada frontal Obra HA.....	30
Ilustración 26. Obra HA en su estado actual. ....	30
Ilustración 27. Estudio de suelos 1 Obra HA.....	32
Ilustración 28. Estudio de suelos 2 Obra HA.....	32
Ilustración 29. Estudio de suelos 3 Obra HA.....	33
Ilustración 30. Estudio de suelos 4 Obra HA.....	33
Ilustración 31. Planta de cimentación con paños vacíos obra OM Center. ....	35
Ilustración 32. Asentamientos producidos por relleno convencional en obra OM Center.....	36
Ilustración 33. Planta de cimentación con paredes de bloques y vacíos obra OM Center.....	37
Ilustración 34. Corte transversal de cimentación y paredes de bloques y vacíos OM Center.....	37

Ilustración 35. Tramo de pared de bloques de obra OM Center.....	38
Ilustración 36. Asentamientos con sistema de cimentación con paredes de bloques y vacíos en obra OM Center.....	39
Ilustración 37. Planta de cimentación Obra HA.....	40
Ilustración 38. Asentamientos producidos por relleno convencional en Obra HA.....	41
Ilustración 39. Planta de cimentación Obra HA.....	42
Ilustración 40. Tramo de pared de bloque de Obra HA.....	43
Ilustración 41. Asentamientos producidos por sistema de cimentación con paredes de bloques y vacíos en Obra HA.....	44
Ilustración 42. Planta de cimentación con paños rellenos obra OM Center.....	47
Ilustración 43. Planta de cimentación con paredes de bloques y vacíos obra OM Center.....	48
Ilustración 44. Corte transversal de cimentación y paredes de bloques con vacíos de obra OM Center.....	48
Ilustración 45. Planta de cimentación Obra HA.....	51
Ilustración 46. Planta de cimentación Obra HA.....	52
Ilustración 47. Preparación del terreno.....	54
Ilustración 48. Fundición de Replantillo.....	55
Ilustración 49. Armado de Zapatas.....	56
Ilustración 50. Encofrado de Zapatas.....	57
Ilustración 51. Apuntalamiento de Zapatas.....	58
Ilustración 52. Fundición de Zapatas.....	59

Ilustración 53. Fundición de Contrapiso en Paños Interiores para Colocar Muros de Bloque.....	60
Ilustración 54. Colocación de Bloques. ....	61
Ilustración 55. Colocación de Bloques de Refuerzo. ....	62
Ilustración 56. Colocación de Planchas de Steel Panel. ....	63
Ilustración 57. Colocación de Mallas Electrosoldadas.....	64
Ilustración 58. Fundición de la Losa.....	65
Ilustración 59. Foto Aérea Obra OM Center.....	66
Ilustración 60. Preparación del terreno. ....	67
Ilustración 61. Excavación para Zapatas. ....	68
Ilustración 62. Fundición de Replanteo para Zapatas.....	69
Ilustración 63. Armado de Zapatas. ....	70
Ilustración 64. Encofrado y Apuntalamiento de Zapatas. ....	71
Ilustración 65. Fundición de Zapatas. ....	72
Ilustración 66. Desencofrado de Zapatas.....	73
Ilustración 67. Fundición de Viguetas de Soporte para Muros de Bloque. ...	74
Ilustración 68. Colocación de bloques hasta nivel de vigas de cimentación. 75	
Ilustración 69. Colocación de planchas de Steel panel para fundición de losa. .....	76
Ilustración 70. Colocación de malla electrosoldada para fundición de losa: .	77
Ilustración 71. Fundición de Losa. ....	78
Ilustración 72. Colocación de bloques en forma determinada. ....	79
Ilustración 73. Colocación de bloques hasta nivel requerido.....	80

Ilustración 74. Colocación de refuerzos de bloques entre paredes para mejor soporte de la losa. ....	81
Ilustración 75. Colocación de plancha de plywood usada como encofrado para la losa. ....	82
Ilustración 76. Colocación de doble malla electrosoldada para fundición de losa.....	83
Ilustración 77. Fundición de losa.....	84

## RESUMEN

Esta Tesis está orientada a estudiar una alternativa en la construcción cuando se da una diferencia de niveles arquitectónicos entre el terreno natural existente y la cota final del proyecto de planta baja. Normalmente los constructores suelen subir del nivel 0 al nivel requerido (0,54 m) que es el más común, utilizando relleno convencional compactado. Pero se olvidan de un tema muy importante que son los asentamientos, ya que ese relleno que se pone viene a actuar como una precarga y toda precarga va a causar asentamientos. Por esta razón, proponemos una alternativa para llegar al nivel requerido sin la necesidad de usar un relleno compactado, y en lugar de eso usar unas paredes de bloques espaciadas 60 cm que quedan como vacíos entre cada pared. Estas paredes de bloques representan tan solo un 15% del peso que sería con relleno convencional compactado, lo cual reduce notablemente los asentamientos que se van a dar. Esto es un aporte muy significativo ya que el tema de cimentaciones y asentamientos en Guayaquil y Samborondón es muy importante debido a los suelos que se tienen en estas zonas llamados suelos “blandos” sobre los cuales hay que saber cómo se van a comportar para así elegir el sistema de cimentación más adecuado y evitar problemas de asentamientos.

***Palabras Claves:*** Asentamientos, consolidación, cimentación, relleno, suelos blandos, paredes de bloques y vacíos.



## ABSTRACT

This Thesis is aimed at studying an alternative in construction when there is a difference in architectural levels between the existing natural terrain and the final level of the ground floor project. Builders usually go from level 0 to the required level (0.54 m), which is the most common, using conventional compacted fill. But they forget about a very important issue, which is the settlements since that filling that is put in comes to act as a preload and any preload is going to cause settlements. For this reason, we propose an alternative to reach the required level without the need to use a compacted fill, and instead use block walls spaced 60 cm apart that remain as voids between each wall. These block walls represent only 15% of the weight that would be with conventional compacted fill, which significantly reduces the settlements that will occur. This is a very significant contribution since the issue of foundations and settlements in Guayaquil and Samborondón is very important due to the soils that are found in these areas called "soft" soils on which it is necessary to know how they are going to behave in order to choose the most suitable foundation system and avoid settlement problems.

**Keywords:** *Settlements, consolidation, foundation, construction fill, soft floors, block and void walls.*

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Se puede definir como “la cimentación” (de obras de ingeniería) al elemento o conjunto de elementos estructurales, que se encargan de transmitir las cargas de una estructura al suelo, distribuyéndolas de tal forma que no superen la capacidad del terreno de fundación o subyacente. De forma general, en la ingeniería de cimentaciones, se aplican los conocimientos de geología, mecánica de suelos, mecánica de rocas e ingeniería estructural, para el diseño y construcción de cimentaciones para varios tipos de estructuras.

La construcción de las cimentaciones ha estado presente desde el inicio de las actividades humanas y, se ha ido desarrollando a través del tiempo, gracias a la aplicación de nuevas técnicas y el conocimiento del comportamiento de materiales. Históricamente se ha descubierto que los seres humanos del período neolítico tenían conocimientos de cimentaciones, porque usaron pilotes de madera para cimentar sobre suelos blandos en lagos de Suiza; construcciones de monumentos sobre un tipo de losas con cañas en Babilonia, las pirámides de Egipto edificadas sobre bloques de piedra y rocas, entre otros muchos descubrimientos del desarrollo de la humanidad (Przewlocki et al., 2005).

Los romanos conocían perfectamente, que tener una mala cimentación podía provocar deformaciones y problemas importantes en la estructura de las edificaciones, por lo que hicieron grandes inversiones en la calidad de la cimentación y en su correcta ejecución. Para conseguir una perfecta estabilidad en los edificios y evitar indeseables asentamientos, excavaban cada cimiento hasta encontrar un lecho rocoso en el que apoyarse. En el caso del Anfiteatro Flavio, más conocido como el Coliseo Romano, la cimentación tiene una importancia fundamental dentro del proceso de su construcción.



*Ilustración 1. Fotografía del Coliseo Romano, construido hace más de 2000 años.*

Se dice que fue Giuseppe Cozzo, quien afrontó el estudio y la problemática de la cimentación del Coliseo Romano. Según el italiano, la cimentación “*opus quadratum*” alcanzaba una profundidad de hasta 6 metros; sin embargo, a partir de los trabajos de investigación llevados a cabo en 1977 y el 2000, se ha podido comprobar que la cimentación del Coliseo Romano es una combinación de una gran losa de hormigón sobre la que se asienta la cávea (graderíos para el público) y, zapatas corridas en la zanja sobre la que se asienta la arena o escenario.

## ANFITEATRO FLAVIO Coliseo de Roma



*Ilustración 2. Corte Transversal del Coliseo Romano, en el que se puede apreciar la gran losa de cimentación y, las zapatas corridas sobre la que se asienta la plataforma o escenario central del Coliseo. Fotografía satelital del área de estudio (Tandazo)*

Debajo de la cávea del Coliseo Romano, existe un gran anillo de cimentación “opus caementicium” (losa de cimentación), de aproximadamente 13 metros de espesor, lo que en volumen representan 246.000 m<sup>3</sup>. de hormigón romano, formado por mortero y cascotes; vertido en capas de 30 cm. de espesor y compactado o apisonado adecuadamente, antes de verter la siguiente tongada o capa.

Esta solución constructiva suponía una excepción en las construcciones romanas, ya que el método más común empleado en las cimentaciones romanas, era la de grandes zanjas de “opus caementicium”, que bajaban hasta el lecho de la roca. Este método es el que se empleó en la arena o escenario, para la sujeción de toda su estructura, diez años después de la inauguración del anfiteatro, en el año 80 DC.



*Ilustración 3. Fotografía del Interior del Coliseo Romano (Tandazo, E. & Ramírez, J., 2009)*

Los investigadores sugieren que en un principio la arena del Coliseo Romano estaba preparada para el “naumachiae” (del griego batalla naval), estando el espacio lleno de agua para las representaciones navales. Posteriormente, se añadieron todos los corredores y espacios bajo la arena, para lo que se cimentó mediante zapatas en zanja corrida denominadas “opus caementicium”.

La anchura de estas zanjas es algo mayor que la del muro que soporta la losa, y la gran profundidad alcanzada obligaba a entibar adecuadamente la zanja. Los elementos de madera para la contención de las tierras y, la entibación se dejó perdida tras el hormigonado, pudriéndose y desapareciendo con el transcurso del tiempo. La tierra se sacaba en cubos mediante poleas, excavando hasta llegar al estrato de suelo firme. Luego se vertía el mortero y cascotes, de la misma forma que en el anillo de la cávea. La cimentación se detenía antes de llegar a la cota inicial de la excavación, arrancando el muro que quedaba entonces ligeramente empotrado en el terreno.

La parte de abajo de la arena del coliseo se puede decir que era el mismo *sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos*, pero con

la diferencia es que esa tenía compuertas entre los muros para que pasen las personas que circulaban por debajo de la Arena.



*Ilustración 4. Fotografía del Interior del Coliseo Romano, en la que se puede observar los muros sobre zapatas corridas, empotrados en el suelo subyacente, sobre los que el entibado de madera, constituía el soporte de la arena. (Tandazo, E. & Ramírez, J., 2009)*

## 1.2 Ubicación o Zona de Estudio

Para demostrar la eficiencia del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**, este trabajo se concentra en zonas de suelos blandos de los cantones de Guayaquil y Samborondón, de la provincia del Guayas. Según Benítez et al. (2005), en el "Estudio Geológico de la ciudad de Guayaquil" presentó 3 macro-dominios geológicos, que son:

1. La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo,
2. El complejo deltaico-estuarino de la ría Guayas
3. Las colinas de la Cordillera Chongón-Colonche.

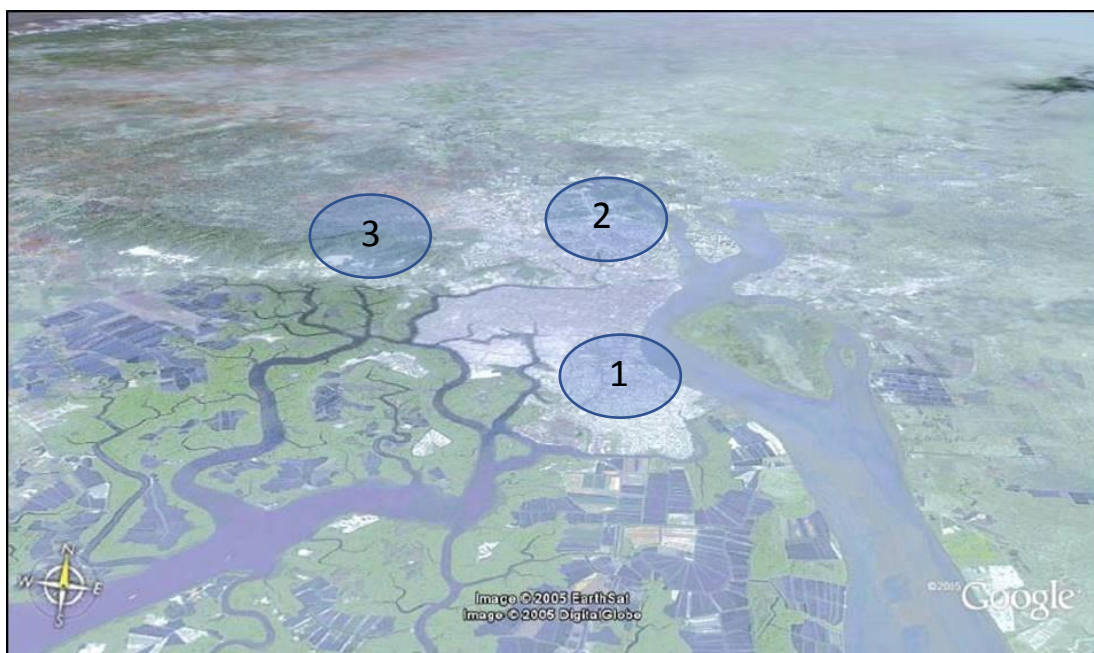


Ilustración 5. En la fotografía se observa, las 3 zonas de la ciudad de Guayaquil, en donde se encuentran este tipo de suelos blandos.

En la zona de estudio existen depósitos de suelos aluviales y deltaico-estuarinos, donde predominan estratos arcillosos blandos, de alta compresibilidad y susceptibles a asentamientos.

### 1.3 Metodología

El **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** se analizará en dos proyectos, uno de uso comercial en Guayaquil y otro de uso residencial en Samborondón, en los cuales, según los diseños arquitectónicos y el levantamiento topográfico, se conocerá la diferencia de cotas y, la necesidad de colocar un relleno para alcanzar estos niveles.

Con información del perfil de suelos obtenida de la exploración geotécnica, se realizó el análisis de asentamientos producidos por la alternativa de relleno convencional, en comparación con el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**.

Finalmente, se estableció una comparación entre ambas alternativas, desde el punto de vista geotécnico, estructural y constructivo, considerando también los costos y el tiempo de ejecución.

### 1.4 Hipótesis

Generalmente en proyectos de construcción, los diseños arquitectónicos marcan diferencias considerables entre la cota del terreno natural o el nivel de referencia y, la cota de proyecto de 0,54 m (3 escalones de 0,18 m cada uno) en promedio; por lo que es una práctica común colocar un relleno granular para compensar este desnivel, que producirá inevitablemente asentamientos en el suelo de fundación (cimentación), adicionales a los asentamientos que producirá el peso de la estructura de la obra.

El **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** consiste en la construcción de paneles o muros de bloques de mampostería, conectados a la losa de hormigón en la parte superior, dejando el espacio completamente vacío entre dichos paneles o muros. Estos espacios vacíos en el “sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos”, disminuyen notablemente la magnitud de los asentamientos, en el suelo de fundación de la estructura.



## 2. OBJETIVOS

Demostrar la eficiencia del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**, para el caso de edificaciones sobre suelos blandos, mediante la evaluación de los asentamientos.

El objetivo general de este trabajo es elaborar un esquema de comparación de las cimentaciones diseñadas con rellenos convencionales versus el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**, evaluando los asentamientos en los suelos de fundación o subyacentes, con la finalidad de ofrecer al sector de la construcción, nuevas y mejores técnicas.

A partir del objetivo general, se desarrollarán los siguientes objetivos específicos:

- Comparar los asentamientos provocados por la colocación de un relleno convencional sobre el terreno (Relleno compactado en los vacíos y, un relleno mediante el sistema de precarga), versus la alternativa del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**.
- Comparar las dos alternativas constructivas mencionadas, considerando sus ventajas, tiempo y costos de construcción.
- Detallar el proceso constructivo del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**.

### **3. MARCO TEÓRICO**

El análisis parte de edificaciones con cimentación superficial, entendiéndose por superficial a aquellas cimentaciones que se desplantan sobre estratos resistentes de suelos no muy profundos. El uso de estas edificaciones es el uso común, oficinas, comercio, residencias, descartándose funcionalidades especiales como por ejemplo sitios de bodegaje, fábricas, talleres (con equipamiento que pueda producir vibración), entre otros.

La superestructura de las edificaciones no son parte del presente estudio, en consecuencia, independientemente de si son estructuras metálicas, de hormigón armado o mixtas, con losas nervadas, planas, reticulares, etc... asumiremos que ya tenemos las descargas que la cimentación recibe a través de la estructura.

Como base de nuestro análisis disponemos de los estudios geotécnicos, los cuales muestran que el tipo de suelo sobre el que vamos a asentar las edificaciones tienen una capacidad admisible baja ( $q_{adm} = 3,5 \text{ T/m}^2$ ), por lo que es un tipo de suelo al cual denominaremos simplemente como "blando", que es el que se encuentra comúnmente en Guayaquil y Samborondón.

#### **3.1 Tipos de Cimentaciones para Edificaciones**

Las cimentaciones de una edificación pueden clasificarse en dos grandes grupos: Cimentación Profunda y Cimentación Superficial.

- Cimentación Profunda. – La cimentación profunda es aquella que se utiliza para grandes edificios, edificios en altura, edificaciones especiales, etc... en los cuales la descarga, producto del peso de la edificación se traslade a un estrato resistente en el subsuelo, por lo cual se utilizan los pilotes; no siendo parte de nuestro estudio omitiremos su análisis.



*Ilustración 6. Colocación de pilote de hormigón prefabricado.*

- Cimentación Superficial. – La cimentación superficial es aquella que se utiliza para edificaciones de cinco pisos de altura promedio, de usos comunes (residencial, comercial, profesional, etc.); siendo en orden de complejidad, de los siguientes tipos:

- 1) Cimentación Superficial a base de plintos aislados, poco comunes en los sitios del presente análisis, pero mayormente utilizados en las “patas de cerro” o suelo rocoso y en zonas de playa donde la plataforma continental está a escasos metros de profundidad.



*Ilustración 7. Armado de plinto.*

- 2) \*Cimentación Superficial con zapatas corridas en un sentido, que se usan mayormente en sistemas de cimentación combinada: plinto y zapata corridas en un sentido, sótanos y zapatas corridas en un sentido, estructuras viejas con aumento.



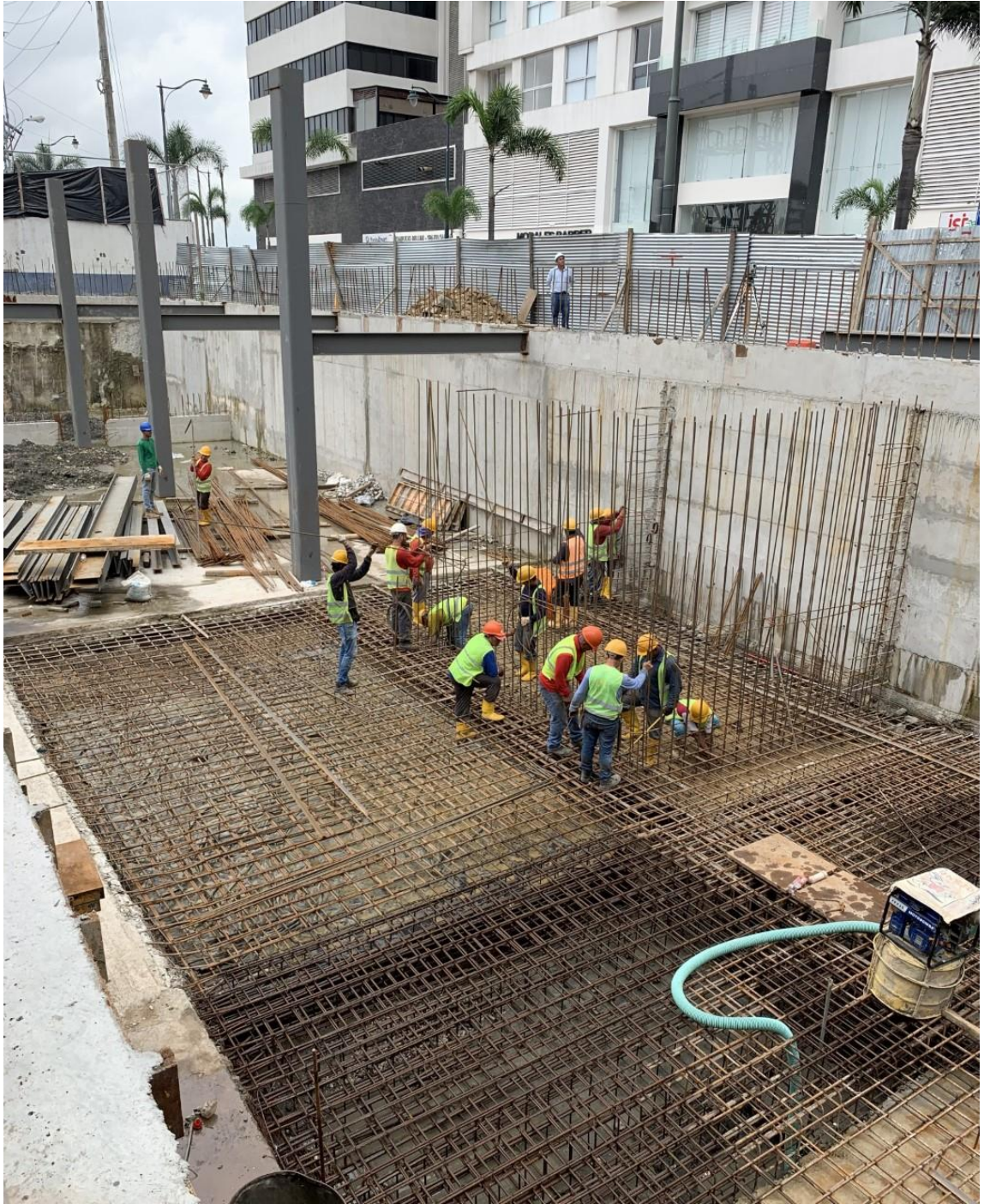
*Ilustración 8. Armado de zapata en un sentido.*

- 3) \*Cimentación Superficial con zapata corrida en dos sentidos que es la mayormente utilizada en los suelos denominados “Blandos”, que corresponden a nuestro análisis. Este tipo de cimentación evita o corrige la magnitud de los asentamientos diferenciales de las estructuras.



*Ilustración 9. Armado de zapatas en dos sentidos.*

- 4) Cimentación Superficial con losa de cimentación, que se usa generalmente cuando se construyen sótanos que a la vez aumentan los espacios disponibles, aislándolos del nivel freático que en las zonas de estudio generalmente aparece a 1,5 metros de profundidad promedio.



*Ilustración 10. Armado de losa de cimentación.*

\* Estos dos tipos de cimentación son los más utilizados en las zonas de estudio, por tanto, nos referiremos a ellos para efectos de nuestro trabajo.

### 3.2 Teorías para Calcular Asentamientos

Karl Von Terzaghi, actualmente conocido como el padre de la mecánica de suelos, planteó la teoría de la consolidación unidimensional en depósitos de suelos blandos y saturados.

Para estudiar el proceso de la consolidación unidimensional, Terzaghi propuso el modelo mecánico conocido como Analogía mecánica de Terzaghi. Cuando a un depósito de suelos se le aplican cargas externas y se lo somete a un incremento de esfuerzos, inicialmente el agua presente en los poros del suelo es la que soporta dicha carga, entonces se produce un exceso de presiones de poros en los vacíos de este de igual magnitud que la carga aplicada. Debido a que el agua no tiene resistencia al esfuerzo cortante, el exceso de presiones se disipa mediante un flujo de agua hacia el exterior del depósito. La velocidad del drenaje depende de la permeabilidad del suelo.

La disipación de la presión de poros debido al flujo de agua hacia el exterior se denomina Consolidación. Este proceso tiene las siguientes consecuencias:

- Reducción del volumen de vacíos o poros, y, en consecuencia, la reducción del volumen total, que se traduce en un asentamiento.
- Durante la disipación del exceso de presión de poros, el esfuerzo vertical efectivo aumenta, y también aumenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

Se puede realizar un ensayo de laboratorio a muestras inalteradas de arcillas saturadas por medio de la norma ASTM D-2435 para determinar el asentamiento por consolidación producido por incrementos de cargas. Con estas pruebas se realiza un gráfico que presente la variación de la relación de vacíos con el esfuerzo vertical efectivo. Luego de la fase de carga, se realiza la fase de descarga hasta el nivel de esfuerzo inicial. Con este ensayo se obtienen los parámetros necesarios para realizar el análisis de asentamientos en el campo.

La determinación de la relación de sobre consolidación (Over Consolidation Ratio, OCR) es necesaria para el análisis de asentamientos, pues servirá para



determinar el estado del depósito de suelos (normalmente consolidado o sobre consolidado).

Las siguientes ecuaciones se usan para el cálculo de la magnitud de los asentamientos por consolidación, de acuerdo con el estado de los depósitos de suelos:

Para suelos normalmente consolidados (NC)

$$\delta = \frac{c_c}{1 + e_o} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_{VF}}{\sigma'_{VO}}\right)$$

Para suelos sobreconsolidados (SC)

$$\delta = \frac{c_r}{1 + e_o} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_{VF}}{\sigma'_{VO}}\right)$$

$$\delta = \frac{c_r}{1 + e_o} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_{VO}}\right) + \frac{c_c}{1 + e_o} \cdot H \cdot \log\left(\frac{\sigma'_{VF}}{\sigma'_c}\right)$$

El asentamiento total en una masa de suelo a ser calculado es el resultado de la suma de sus tres componentes: asentamientos inmediatos ( $\delta_i$ ), asentamientos por consolidación primaria ( $\delta_c$ ) y asentamientos por compresión secundaria ( $\delta_s$ ), lo que se puede describir con la siguiente ecuación.

$$\delta_t = \delta_i + \delta_c + \delta_s$$

Los asentamientos inmediatos ( $\delta_i$ ), también conocidos como elásticos, son originados por el cambio de forma o distorsión del suelo provocado por el esfuerzo aplicado y se producen en corto tiempo. Se puede utilizar la teoría elástica para el cálculo de este tipo de asentamientos.

Los asentamientos por consolidación primaria ( $\delta_c$ ) ocurren principalmente en suelos cohesivos y compresibles, producto de la aplicación de una carga en un suelo saturado que causa un exceso de presión de poros provocando un drenaje del agua de los poros, y resulta en una reducción en la relación de vacíos que a su vez genera una reducción del volumen del suelo. Estos asentamientos son producidos en un tiempo considerable porque su permeabilidad es relativamente baja. Además, dependen del espesor de los estratos compresibles y sus fronteras drenantes.

Los asentamientos por compresión secundaria ( $\delta_s$ ) son las deformaciones que no pueden ser atribuidas al exceso de presión de poros en el suelo. Una vez disipada la presión de poros, las deformaciones se producirán por el reajuste plástico de la estructura del suelo. Estos asentamientos son de gran magnitud cuando los suelos son orgánicos.

## 4. PROYECTOS OBJETO DEL ESTUDIO: PROYECTO COMERCIAL OM CENTER Y RESIDENCIA HA.

### 4.1 Descripción de los Proyectos

El presente trabajo se basa en dos proyectos existentes en la provincia del Guayas, uno de uso comercial ubicado en la Ciudad de Guayaquil y el otro de uso residencial en la Vía Samborondón dentro del centro comercial Plaza Lagos, Urb. Isla Lago.

#### Proyecto 1: OM Center Building

- OM Center Building es un complejo empresarial de consultorios y oficinas, que busca condensar dichas funciones productivas en un núcleo, cuenta con dos niveles altos y planta baja. Está construido sobre una cimentación de zapatas corridas en dos sentidos y en éste se aplicó el **sistema de cimentación de paredes de bloques y vacíos**. Su superestructura es metálica con losas alivianadas sobre paneles de Steel Deck.

- **Ubicación:**

OM Center Building está ubicado en las calles José Santiago Castillo entre M Granado y Marí Piedad Castillo de Levi, tal como se muestra en los mapas a continuación:

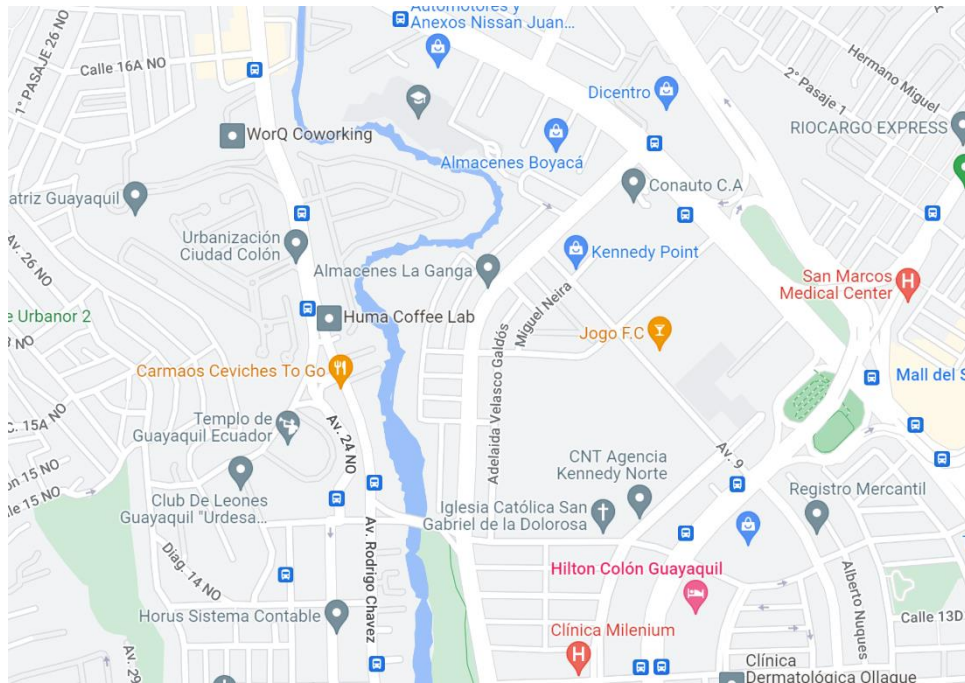


Ilustración 11. Mapa de Guayaquil donde se encuentra la obra OM Center.

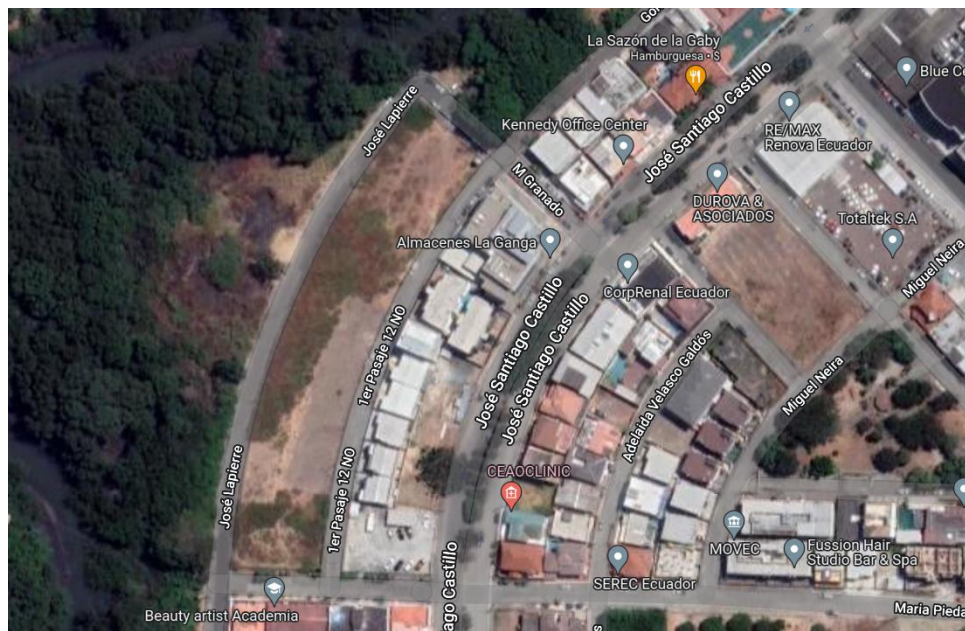


Ilustración 12. Mapa satelital de Guayaquil donde se encuentra la obra OM Center.

- Diseños:

Diseño Estructural

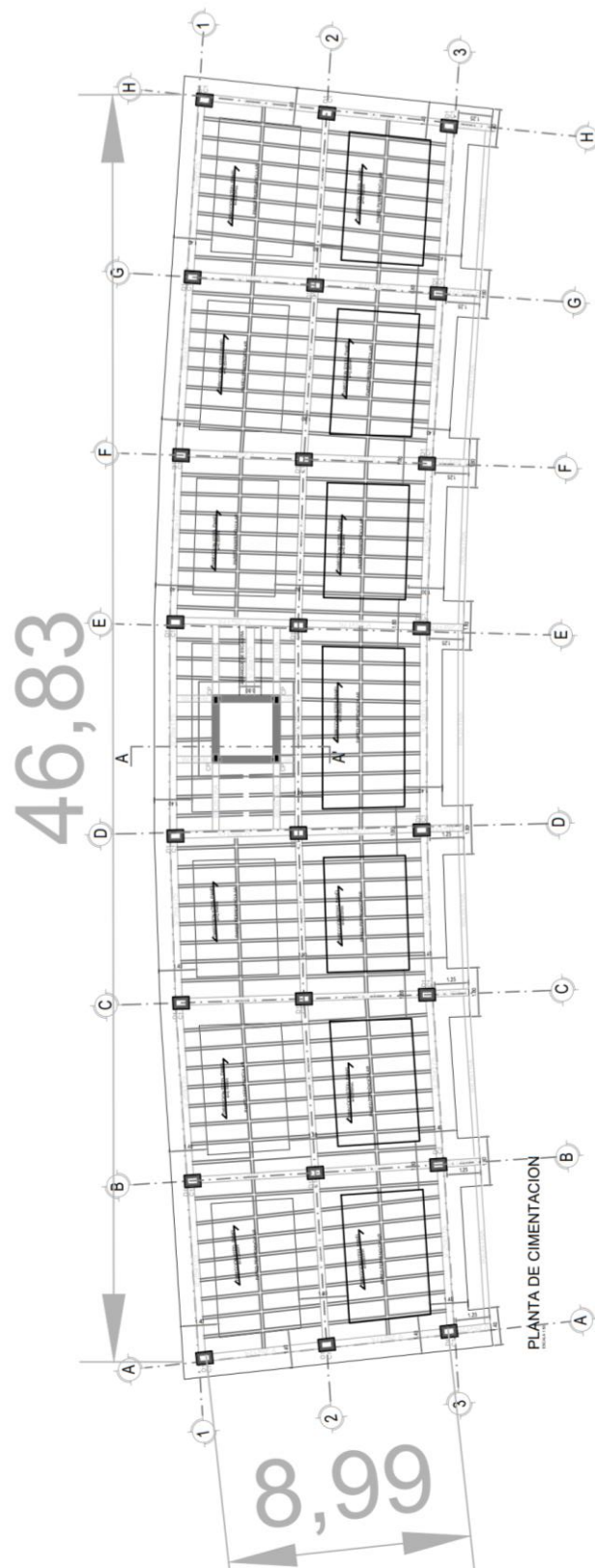
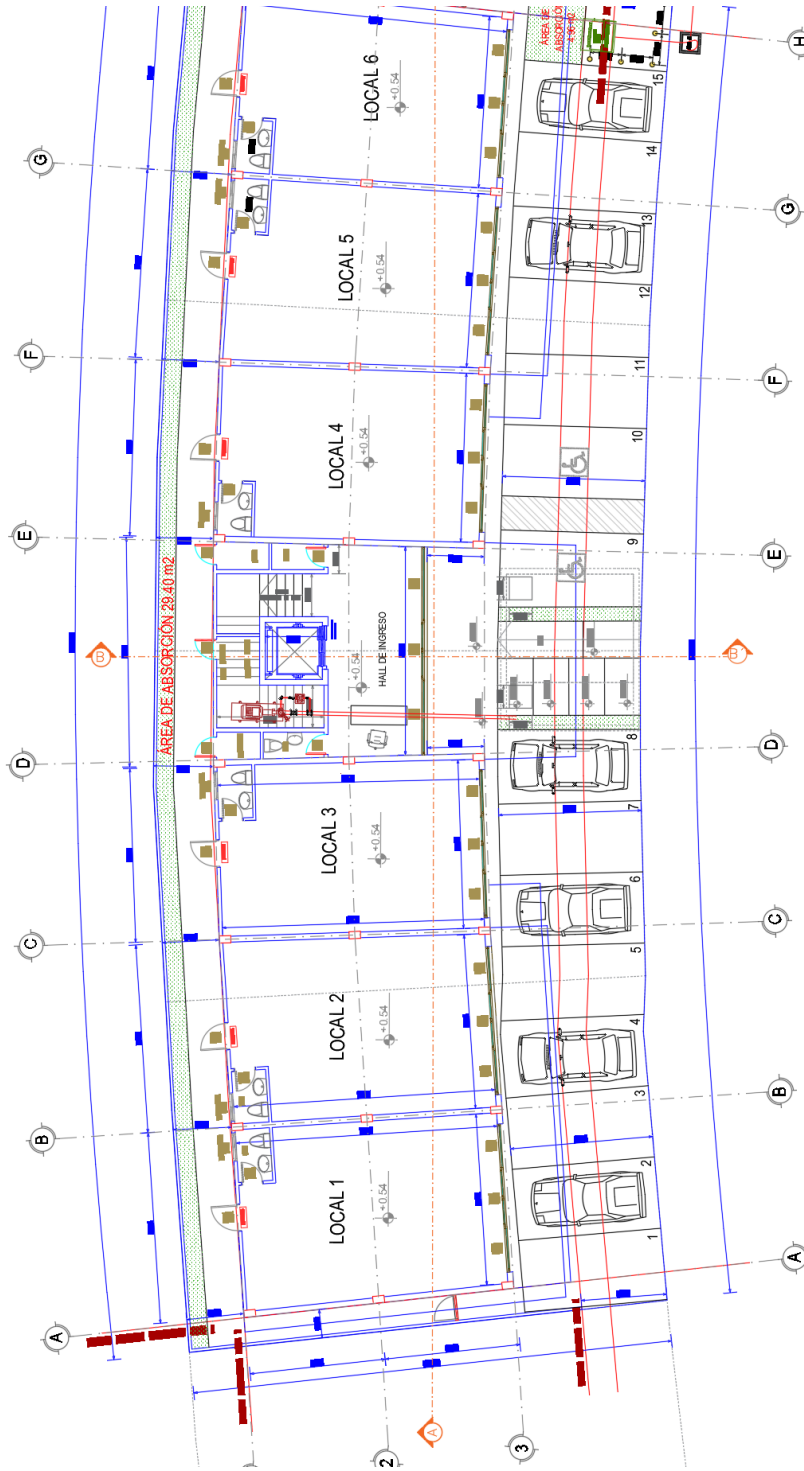


Ilustración 13. Planta de cimentación de obra OM Center.

SL # 8 - 7 - 6 - 5 - 4



PLANTA BAJA  
420.85 m<sup>2</sup>  
ESC 1:50

AV 1 E NO - J. CASTILLO

PROYECTO  
OM CENTER

Ilustración 14. Diseño arquitectónico PB obra OM Center.

- **Imágenes Renderizadas de las Fachadas**



*Ilustración 15. Render ingreso fachada frontal.*



*Ilustración 16. Render fachada frontal.*



*Ilustración 17. Render fachada izquierda.*



*Ilustración 18. Render fachada derecha.*



- **Imagen Real de Obra**



*Ilustración 19. Obra OM Center en su estado actual.*

- **Estudio Geotécnico**

Los resultados obtenidos en la campaña de exploración geotécnica indican que el subsuelo está constituido por depósitos deltaicos-estuarinos, lo cual se esperaba por encontrarse a poca distancia del Estero Salado.

Superficialmente se había colocado una capa de relleno de 2.00 m. de espesor aproximadamente en toda el área del terreno. Este relleno está compuesto por grava y arena color café, con partículas de arcilla de mediana plasticidad. Las características geomecánicas del relleno se consideran de regulares a buenas.

Bajo el relleno descrito, se encuentran varios estratos arcillosos hasta el fin de los sondeos (15.0 m. de profundidad) y que, según la geología del sitio, se esperan que continúen hasta una profundidad mayor. Estas arcillas presentan materia orgánica, humedad alta, plasticidad alta, consistencia blanda y compresibilidad alta. En su mayoría tienen una resistencia no drenada al corte entre 1.3 y 3.7 T/m<sup>2</sup>, siendo ésta un poco superior en el estrato más próximo al relleno, lo que evidencia el efecto de la sobrecarga del terraplén.

Entre los mencionados estratos de arcilla, en los tres sondeos realizados se encuentra un estrato de arcillas (CH) con alto contenido de material orgánico (turba) con espesores variables entre 2.2 y 3.0 metros, que inician entre los 5.0 y 6.0 m. de profundidad a partir del nivel inicial del terreno. La turba es un material orgánico, principalmente compuesto de material vegetal en descomposición, color oscuro y olor orgánico. Estos materiales tienen muy alta compresibilidad y presentan características desfavorables para la construcción.

A continuación, se presenta una figura con el perfil estratigráfico realizado con los sondeos ejecutados en el terreno.

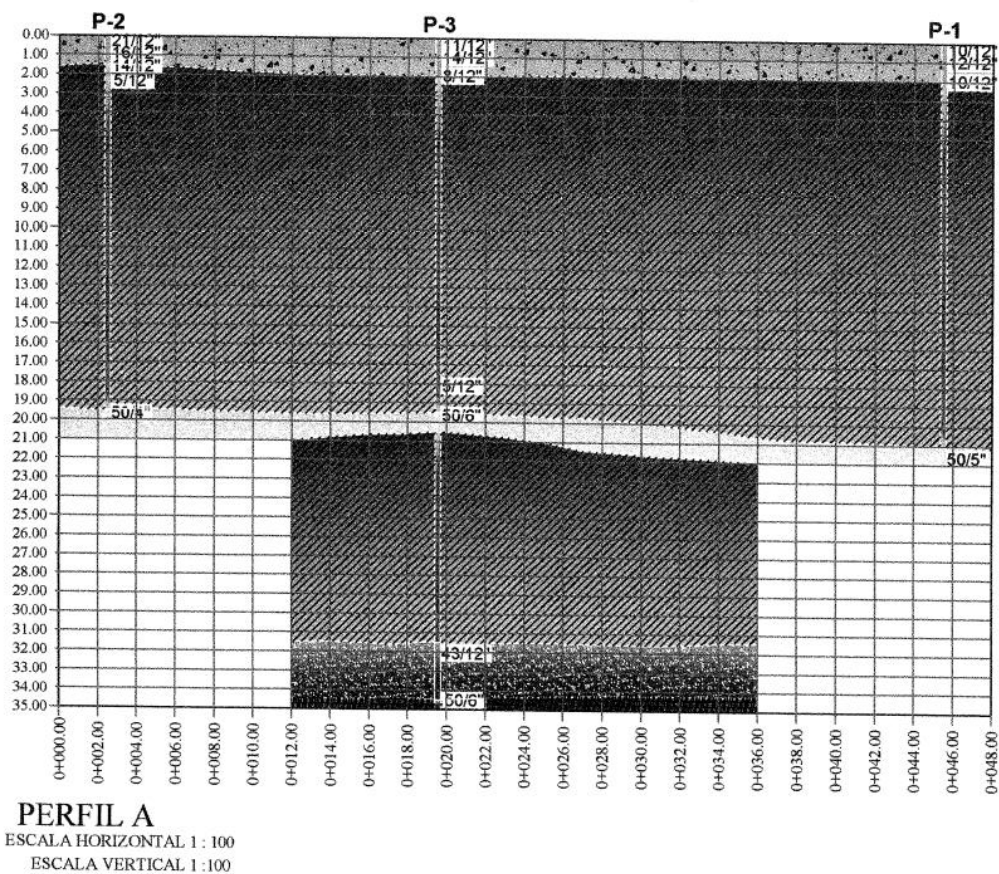


Ilustración 20. Estudio de suelos obra OM Center.

## Proyecto 2: Residencia HA - Urb. Plaza Lagos

- La residencia HA es una vivienda familiar de dos plantas, construida con dos losas de hormigón armado (PB y PA) y cubierta de estructura metálica con placas de fibro cemento sobre las que se asienta la teja decorativa de barro o de arcilla; está construida sobre una cimentación de zapatas corridas en dos sentidos y en ella se aplicó el uso del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**.
- **Ubicación:**

La residencia HA está ubicada en una ciudadela privada llamada Isla Lago dentro del centro comercial Plaza Lagos en la Avenida Samborondón, tal como se muestra en los mapas a continuación:

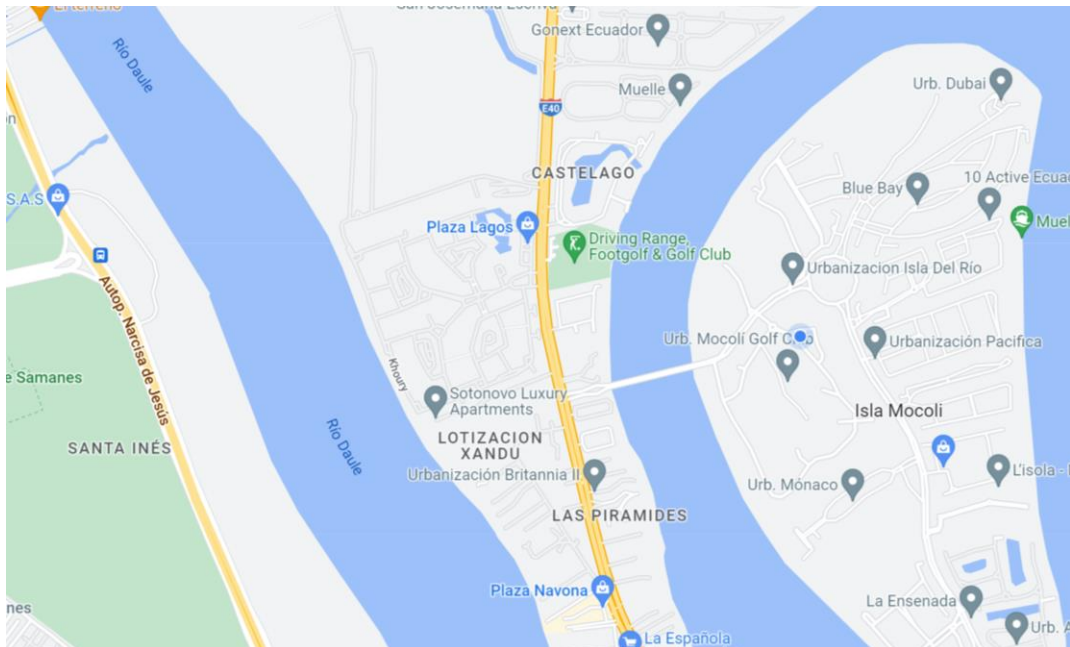


Ilustración 21. Mapa de Samborondón donde se encuentra la Obra HA.

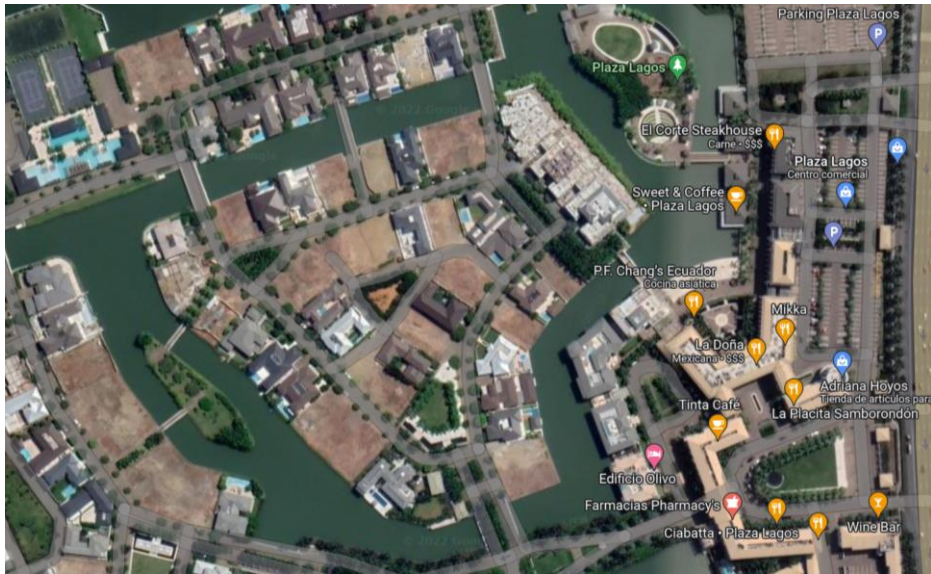


Ilustración 22. Mapa satelital de Samborondón donde se encuentra la Obra HA.

- **Diseños:**

Diseño estructural de cimentación:

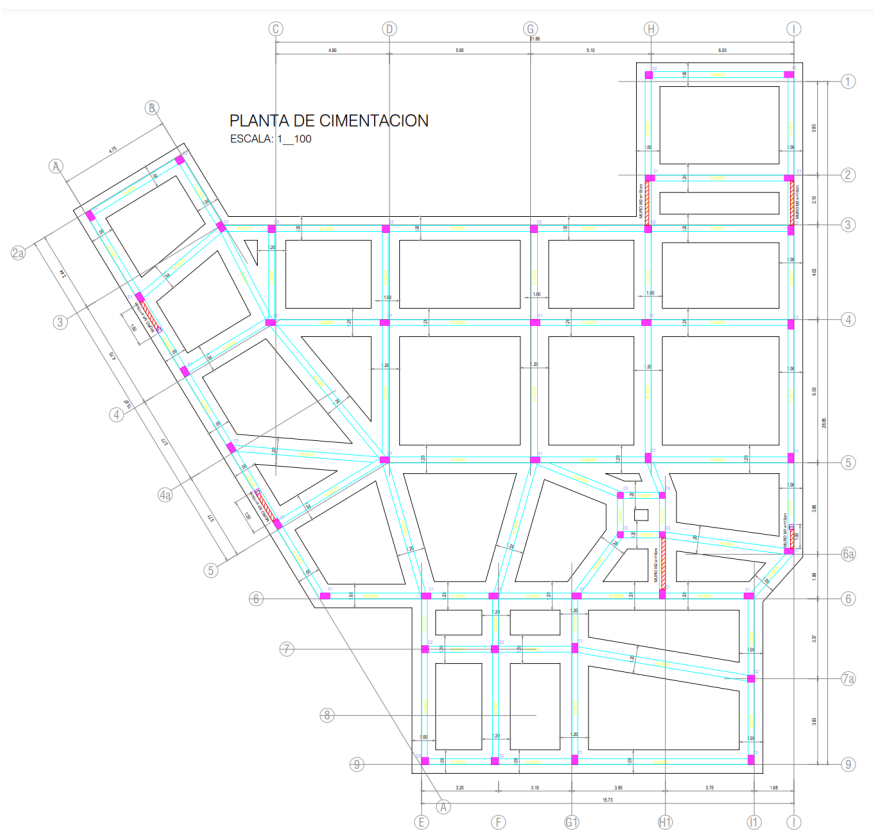


Ilustración 23. Planta de cimentación Obra HA.

## Diseño Arquitectónico



Ilustración 24. Planta diseño arquitectónico Obra HA.

- **Imagen Renderizada de la Fachada Frontal**



*Ilustración 25. Render fachada frontal Obra HA.*

- **Imagen Real de Obra:**



*Ilustración 26. Obra HA en su estado actual.*

- **Estudio Geotécnico:**

La campaña de exploración geotécnica para este proyecto comprendió la ejecución de 2 sondeos mecánicos con recuperación de muestras.

Superficialmente existe un relleno con material granular de 1.20 a 1.40 m. de espesor aproximadamente en toda el área del terreno. Este relleno ha sido descrito como “Material pétreo granular color café”.

Bajo el relleno descrito, se encuentra un estrato arcilloso de aproximadamente 1.00 m. de espesor, con una resistencia al esfuerzo cortante en condiciones no drenadas ( $s_u$ ) en el orden de 9 T/m<sup>2</sup>. Estas arcillas presentan un contenido de agua ( $w$ ) medio, índice de plasticidad (IP) entre 30 y 32.

Luego del estrato de arcilla, en ambos sondeos realizados, existen varios estratos de suelos arenosos, descritos como “Arena fina limosa color gris”. Estos estratos están clasificados según SUCS como SM (Arena limosa), y presentan un numero de golpes que aumenta con la profundidad.

A continuación, se presentan las figuras con las columnas estratigráficas de los sondeos ejecutados en el terreno.

DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA	PROF. m	MUEST. No	SIMB.	HUMEDAD NATURAL W - %	GRANULOMETRIA % PASANTE		LIMITES DE ATTERBERG		CLASE	PROPIEDADES FISICAS						
					T # 4	T # 200	WL - %	PL - %		SUCS.	a	"q"	"p"	"r"	e	"n"
	0,00															
MATERIAL PETREO DE RELLENO GRANULAR color café		Nº: 0,80														
ARCILLA de color café	1,40			26,40	100,00	56,25	56,80	30,5	CH	1,735	0,93	0,70	0,65	6,19		
	2,00															
	2,80															
			1	26,15	100,00	32,57			SM							(4-6-6-7)
	3,50															
	4,20															
			2	25,39	100,00	18,03			SM							(3-4-4-5)
ARENA FINA LIMOSA color Gris	5,00															
	5,80															
			3	34,54	100,00	11,01			SM							(17-25-38-42)
	6,50															
	7,30															
			4	23,09	100,00	12,40			SM							(23-25-32-35)
	8,00															

PARA: Eto Construcciones y Servicios Cía. Ltda  
 OBRA: Vivienda Familiar 2 tosa - Residencia Haidigo Acosta  
 UBIC.: Plaza Lago

FECHA: Diciembre 29 - 2020

PERF.: - 1 -

001-PDT-2020

NOMENCLATURA

W : Peso Unitario Tm3  
 "q" : Resistencia Compresión Simple Kg/cm²  
 "p" : Resistencia Tracción Kg/cm²  
 E : Deformación %  
 N : Numero de golpes sobre 30" de penetración S.P.T.  
 "p" : Penetrómetro Manual Kg/cm²

EQUIPOS & PRUEBAS S. A.  
 CONSULTORES

Miguel Antonio Córdova N.  
 Reg. Prof. 809-2412

Ilustración 27. Estudio de suelos 1 Obra HA.

DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA	PROF. m	MUEST. No	SIMB.	HUMEDAD NATURAL W - %	GRANULOMETRIA % PASANTE		LIMITES DE ATTERBERG		CLASE	PROPIEDADES FISICAS						
					T # 4	T # 200	WL - %	PL - %		SUCS.	a	"q"	"p"	"r"	e	"n"
	8,80															
			5	32,59	100,00	15,58			SM							(26-34-36-40)
	9,50															
	10,30															
			6	28,64	100,00	17,58			SM							(20-29-31-34)
	11,00															
	11,80															
ARENA FINA LIMOSA color Gris	12,50															
	13,30															
			7	24,95	100,00	12,80			SM							(10-29-36-41)
	14,00															
	14,80															
			8	29,51	100,00	16,28			SM							(28-32-37-46)
	15,50															
			9	32,58	100,00	11,98			SM							(40-44-46-50)

PARA: Eto Construcciones y Servicios Cía. Ltda  
 OBRA: Vivienda Familiar 2 tosa - Residencia Haidigo Acosta  
 UBIC.: Plaza Lago

FECHA: Diciembre 29 - 2020

PERF.: - 1 -

001-PDT-2020

NOMENCLATURA

W : Peso Unitario Tm3  
 "q" : Resistencia Compresión Simple Kg/cm²  
 "p" : Resistencia Tracción Kg/cm²  
 E : Deformación %  
 N : Numero de golpes sobre 30" de penetración S.P.T.  
 "p" : Penetrómetro Manual Kg/cm²

EQUIPOS & PRUEBAS S. A.  
 CONSULTORES

Miguel Antonio Córdova N.  
 Reg. Prof. 809-2412

Ilustración 28. Estudio de suelos 2 Obra HA.



DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	PROF. m	MUEST. No	SIMB.	HUMEDAD NATURAL W - %	GRANULOMETRÍA % PASANTE		LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIF. SUCS	PROPIEDADES FÍSICAS						
					T # 4	T # 200	WL - %	LP - %		α	γ <sub>sat</sub>	γ <sub>d</sub>	e	γ <sub>c</sub>		
	0,00															
MATERIAL PÉTRICO DE RELLENO GRANULAR color café	NF: 0,70															
	1,20															
ARCILLA de color café		1		28,67	100,00	49,01	52,84	32,57	CH	1,858	0,96	0,82	0,71	5,40		
	2,80															
	2,80															
		2		26,20	100,00	24,78			SM							(4-4-6-9)
	3,50															
	4,30															
		3		26,37	100,00	20,22			SM							(22-25-34-39)
	5,00															
	5,80															
ARENA FINA LIMOSA color Gris																
		4		28,29	100,00	9,02			SM							(23-35-39-41)
	6,50															
	7,30															
		5		24,93	100,00	11,91			SM							(5-15-23-26)
	8,00															

002-PDT-2020

PARA: Elos Construcciones y Servicios Cía. Ltda  
 OBRA: Vivienda Familiar 2 tosa - Residencia Hidalgo Acosta  
 UBI.: Plaza Lago

FECHA: Diciembre 29 - 2020

PERF.: - 2 -

NOMENCLATURA

α : Peso Unitario Tim3  
 "qu" : Resistencia Compresión Simple Kg/cm<sup>2</sup>  
 "q"<sub>100</sub> : Resistencia Torvane Kg/cm<sup>2</sup>  
 E : Deformación %  
 N : Número de golpes sobre 6" de penetración S.P.T.  
 "p"<sub>100</sub> : Penetrómetro Manual Kg/cm<sup>2</sup>

EQUIPOS & PRUEBAS S.A.  
 CONSULTORES

Mg. Ing. Antonio Córdova N.  
 Reg. Prof. 009-2412

Ilustración 29. Estudio de suelos 3 Obra HA.

DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	PROF. m	MUEST. No	SIMB.	HUMEDAD NATURAL W - %	GRANULOMETRÍA % PASANTE		LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIF. SUCS	PROPIEDADES FÍSICAS						
					T # 4	T # 200	WL - %	LP - %		α	γ <sub>sat</sub>	γ <sub>d</sub>	e	γ <sub>c</sub>		
	8,80															
		6		33,25	100,00	15,86			SM							(6-10-11-16)
	9,50															
	10,30															
ARENA FINA LIMOSA color Gris																
		7		34,59	100,00	13,73			SM							(9-11-13-18)
	11,00															
	11,80															
		8		30,65	100,00	14,66			SM							(7-13-19-21)
	12,50															

002-PDT-2020

PARA: Elos Construcciones y Servicios Cía. Ltda  
 OBRA: Vivienda Familiar 2 tosa - Residencia Hidalgo Acosta  
 UBI.: Plaza Lago

FECHA: Diciembre 29 - 2020

PERF.: - 2 -

NOMENCLATURA

α : Peso Unitario Tim3  
 "qu" : Resistencia Compresión Simple Kg/cm<sup>2</sup>  
 "q"<sub>100</sub> : Resistencia Torvane Kg/cm<sup>2</sup>  
 E : Deformación %  
 N : Número de golpes sobre 6" de penetración S.P.T.  
 "p"<sub>100</sub> : Penetrómetro Manual Kg/cm<sup>2</sup>

EQUIPOS & PRUEBAS S.A.  
 CONSULTORES

Mg. Ing. Antonio Córdova N.  
 Reg. Prof. 009-2412

Ilustración 30. Estudio de suelos 4 Obra HA.

## **5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES: CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS**

La colocación del relleno de forma tradicional provocará una descarga en el suelo bajo la cimentación, que producirá un incremento de esfuerzos que se distribuirá en el subsuelo. Estos incrementos de esfuerzos provocarán un asentamiento que, por el tipo de suelo, serán principalmente asentamientos por consolidación y se producirán en el transcurso del tiempo.

El análisis de asentamientos estimados por consolidación primaria ( $\delta_c$ ) fue realizado utilizando la Teoría de la Consolidación, propuesta por Terzaghi (1925).

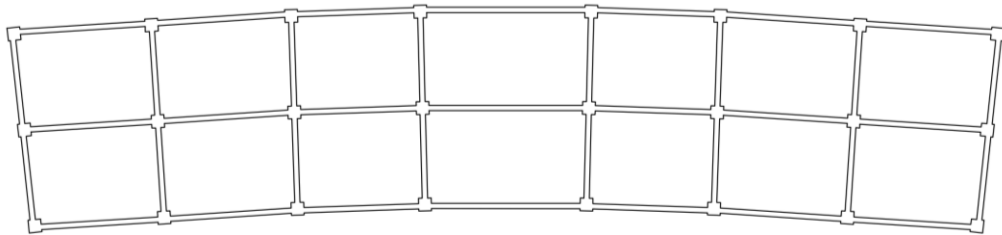
Para el cálculo, se determinaron los estratos compresibles de los sondeos realizados, y se determinaron los parámetros de consolidación ( $C_c$ ,  $C_r$ ,  $e_o$ ,  $C_v$ ) obtenidos en los ensayos de consolidación unidimensional; mientras que en las muestras donde no se realizaron dichos ensayos, tales parámetros fueron obtenidos mediante correlaciones empíricas en base a las propiedades índice.

Se realizó el análisis de asentamientos con el software Settle3D de la compañía Rocscience, el cual permite calcular los asentamientos en una masa de suelo bajo cargas aplicadas, realizando una modelación del perfil estratigráfico del subsuelo, destacando las curvas de magnitud de asentamientos y con la ventaja de una visualización en 3D del análisis con sus deformaciones.

## 5.1 Proyecto 1: OM Center Building

En este proyecto se usó el sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, para aliviar el peso del relleno a utilizarse para alcanzar el nivel de piso terminado del proyecto, y también para semi-compensar el peso de la superestructura y así disminuir el esfuerzo de contacto del suelo.

Peso de estructura con relleno convencional:



PLANTA DE CIMENTACION: PAÑOS A RELLENAR

*Ilustración 31. Planta de cimentación con paños vacíos obra OM Center.*

Se considera la cimentación de esta estructura con un relleno tradicional compactado, el cual ya tiene un valor específico con el que se realizaron los cálculos:

Datos:

- Altura = 1,75 m
- Área Total: 47 m x 9 m = 423 m<sup>2</sup>
- Peso Específico del Relleno: 1800 Kg/m<sup>3</sup>

Peso Total del Relleno = 1,75 m x 423 m<sup>2</sup> x 1800 Kg/m<sup>3</sup> = 1332450 Kg

Peso Total del Relleno = 1332,5 Ton

- Se calcularon asentamientos de 3.6 cm producidos por el relleno convencional.
- Estos 3.6 cm de asentamientos se deben sumar a los asentamientos producidos por el peso de la superestructura.

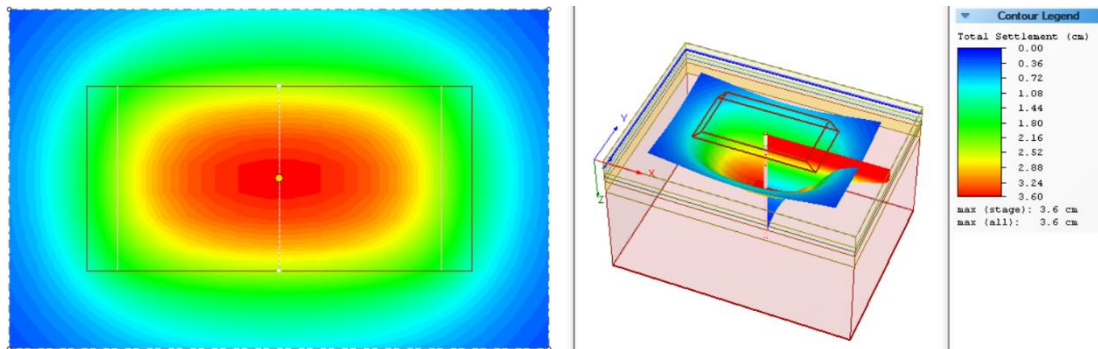
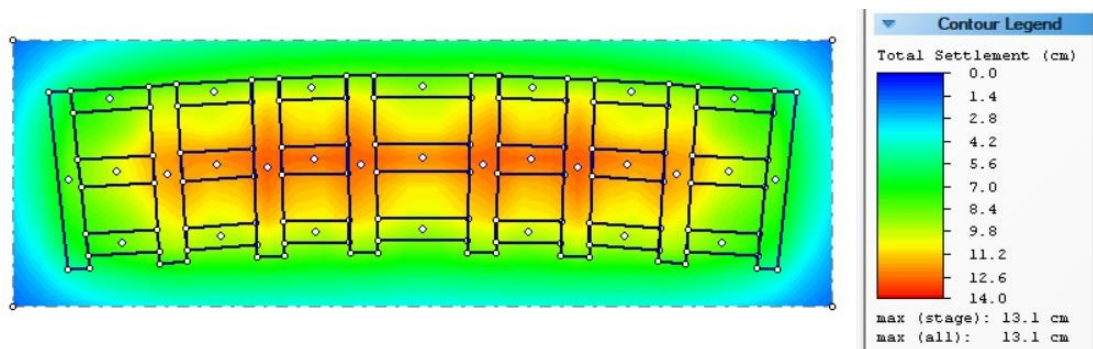


Ilustración 32. Asentamientos producidos por relleno convencional en obra OM Center.

- Se calcularon asentamientos de 13.1 cm producidos por el peso total de la obra.



Peso de la estructura con **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos:**

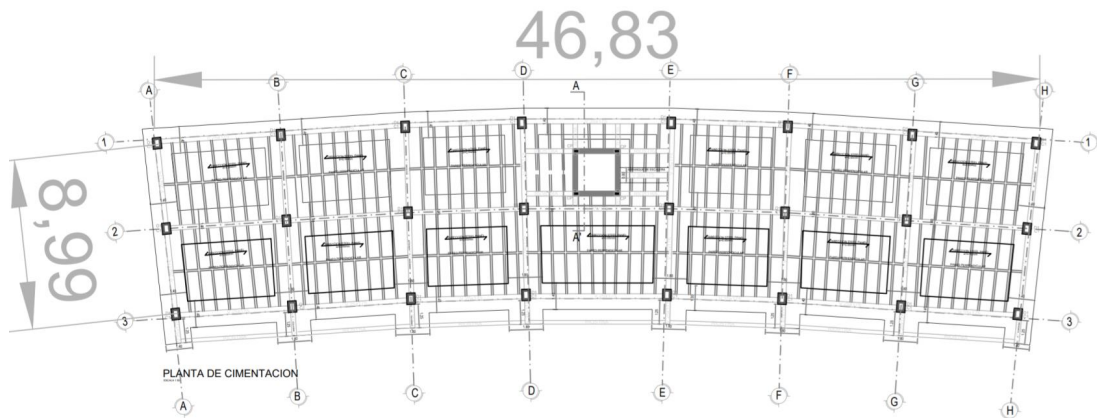


Ilustración 33. Planta de cimentación con paredes de bloques y vacíos obra OM Center.

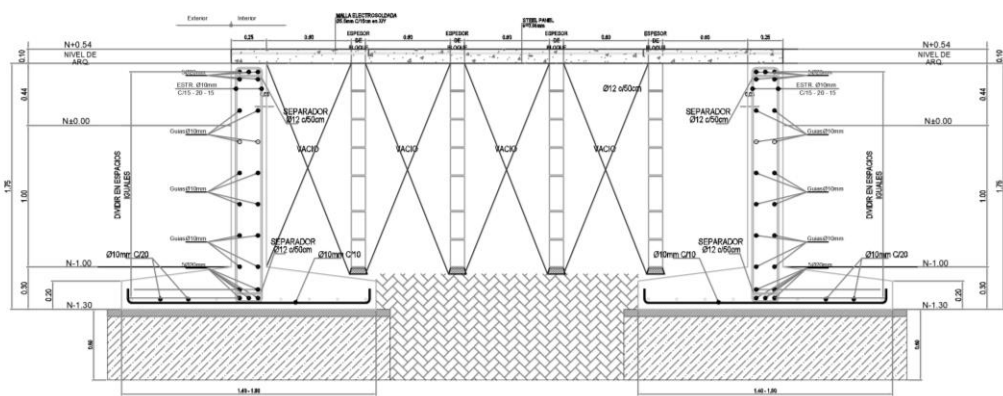


Ilustración 34. Corte transversal de cimentación y paredes de bloques y vacíos OM Center.

Se considera 1 metro lineal de pared de bloques (bloques de 20) y en el caso de este proyecto la altura es de 1,75 metros tal como se muestra en la siguiente figura:

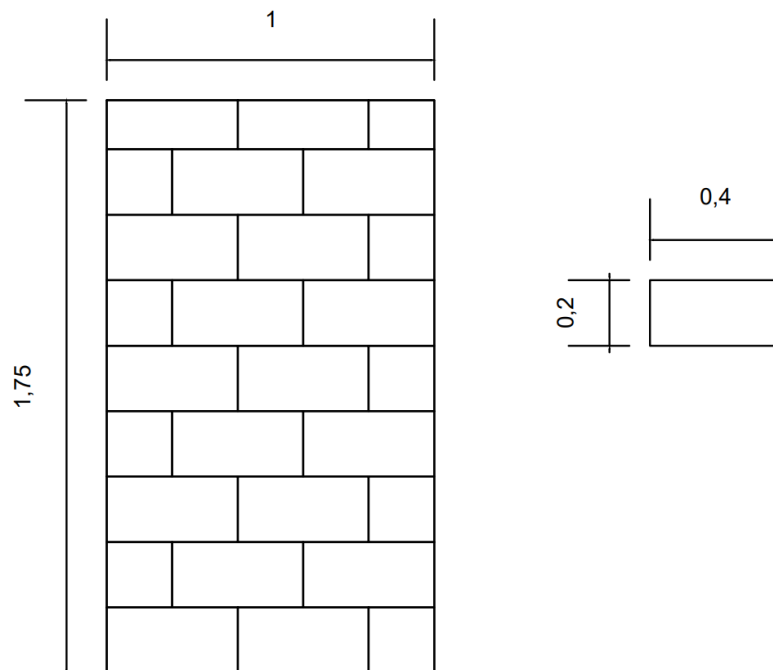


Ilustración 35. Tramo de pared de bloques de obra OM Center.

Se procede a hacer el cálculo del peso total de la cimentación utilizando el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**, considerando los datos mencionados, pero con la dimensión completa de la obra que tiene un Área de 423 m<sup>2</sup>.

Datos:

- Cantidad de Bloques en 1 metro lineal x 1,75 de altura = 22,5 Bloques
- Peso bloque de 20 = 16,7 Kg
- Cantidad de Paredes de Bloques = 58 Unidades

Peso de Bloques en 1 metro lineal:  $22,5 \times 16,7 \text{ Kg} = 375,75 \text{ Kg}$

Peso Total de Paredes de Bloque:  $58 \text{ U} \times 9 \text{ m} \times 375,75 \text{ Kg/m} = 196141,5 \text{ Kg}$

Peso Total de Paredes de Bloque = 196,14 Ton

- Debido al alivio de esfuerzos al usar este sistema claramente más liviano, se calcularon asentamientos de magnitudes despreciables.

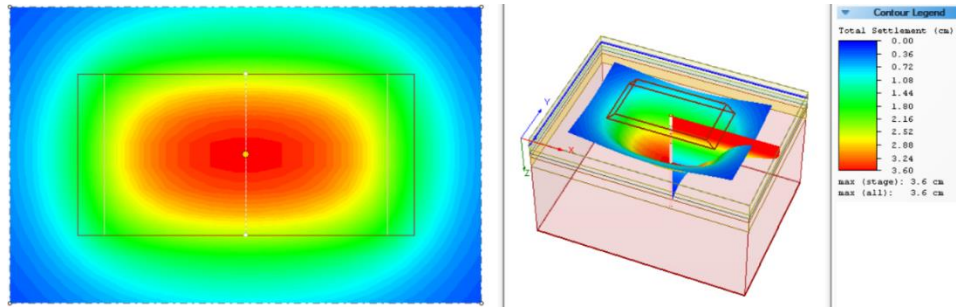
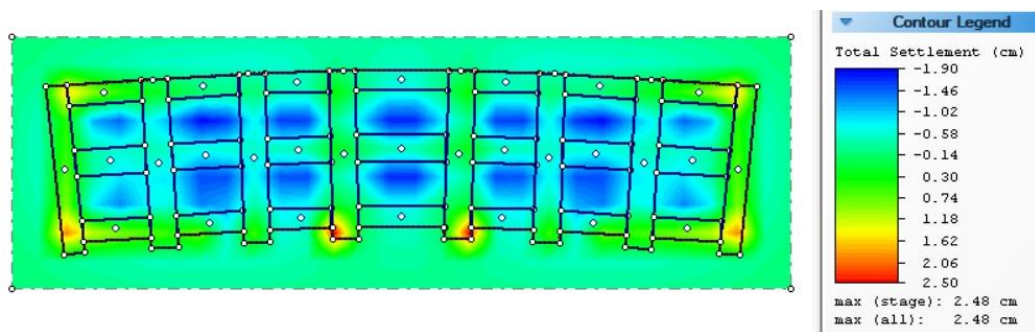


Ilustración 36. Asentamientos con sistema de cimentación con paredes de bloques y vacíos en obra OM Center.

- Se calcularon asentamientos de 2.48 cm producidos por el peso de toda la obra.
- Este valor de 2.48 cm está dentro de los límites tolerables.



### **Comparación de Pesos de Cimentación de Ambos Sistemas:**

- El peso total del relleno convencional compactado es de 1332,5 Ton, mientras que el peso total de las paredes de bloques en cimentación es de 196,14 Ton.
- Con esto se puede decir que el peso total del *sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos* pesa tan solo el 15% de lo que pesaría el relleno convencional compactado.
- Esto quiere decir que se reducen los asentamientos notablemente, ya que con el sistema de cimentación con relleno convencional se tendría para el caso de este proyecto un asentamiento de 3.6 cm adicionales a los que causaría el peso de la superestructura, mientras que con el *sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos* se tiene valores de asentamientos adicionales despreciables.

## 5.2 Proyecto 2: Obra HA – Plaza Lagos

En este proyecto se usó el sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, para aliviar el peso del relleno a utilizarse para alcanzar el nivel de piso terminado del proyecto

### Peso con relleno convencional compactado:

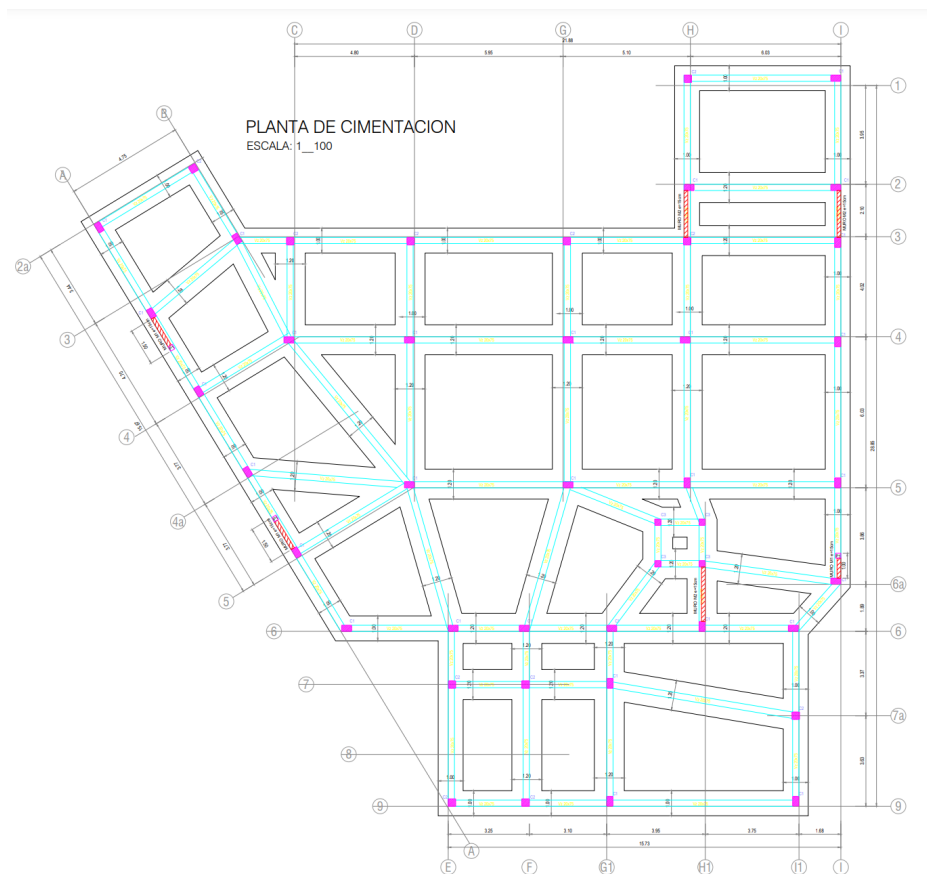


Ilustración 37. Planta de cimentación Obra HA.

Se considera la cimentación de esta estructura con un relleno tradicional compactado, el cual ya tiene un valor específico con el que se realizaron los cálculos:

Datos:

- Altura = 0,75 m
- Área Total = 377,20 m<sup>2</sup>



- Peso Específico del Relleno: 1800 Kg/m<sup>3</sup>

Peso Total del Relleno = 0,75 m x 377,20 m<sup>2</sup> x 1800 Kg/m<sup>3</sup> = 509220 Kg

Peso Total del Relleno = 509,22 Ton

- Se calcularon asentamientos de 2.0 cm producidos por el relleno convencional.
- Estos 2.0 cm de asentamientos se deben sumar a los asentamientos producidos por el peso de la superestructura.

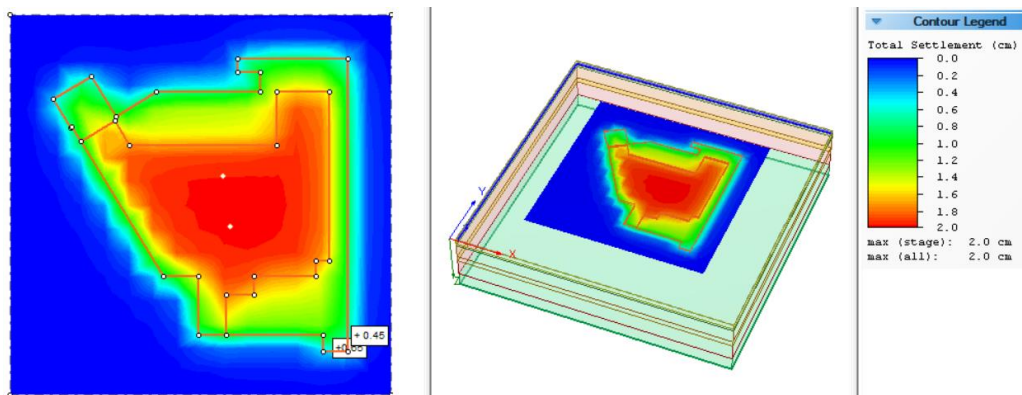
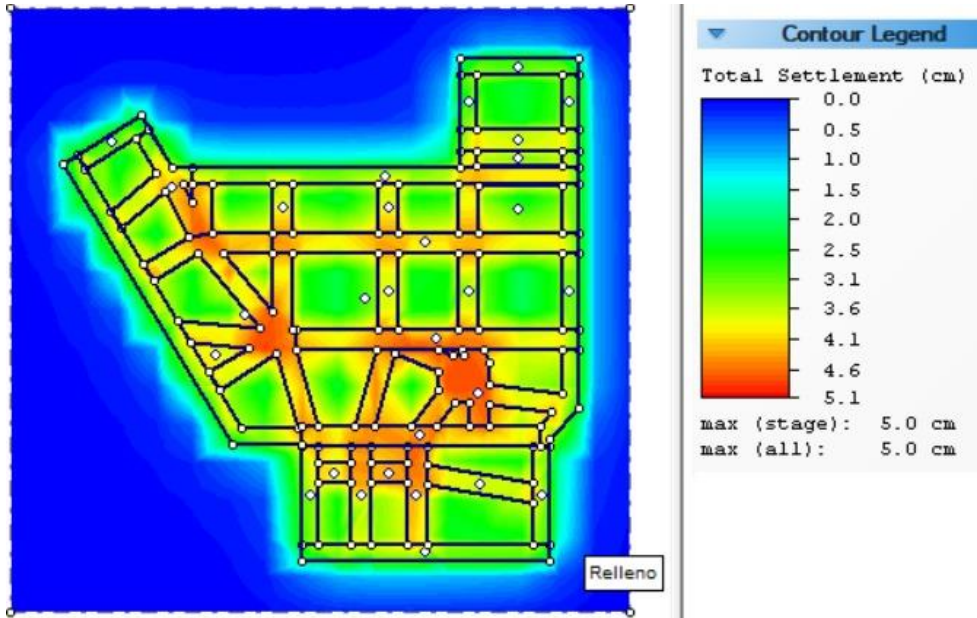


Ilustración 38. Asentamientos producidos por relleno convencional en Obra HA.

- Se calcularon asentamientos de 5.0 cm producidos por el peso total de la obra.



**Peso con sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos:**

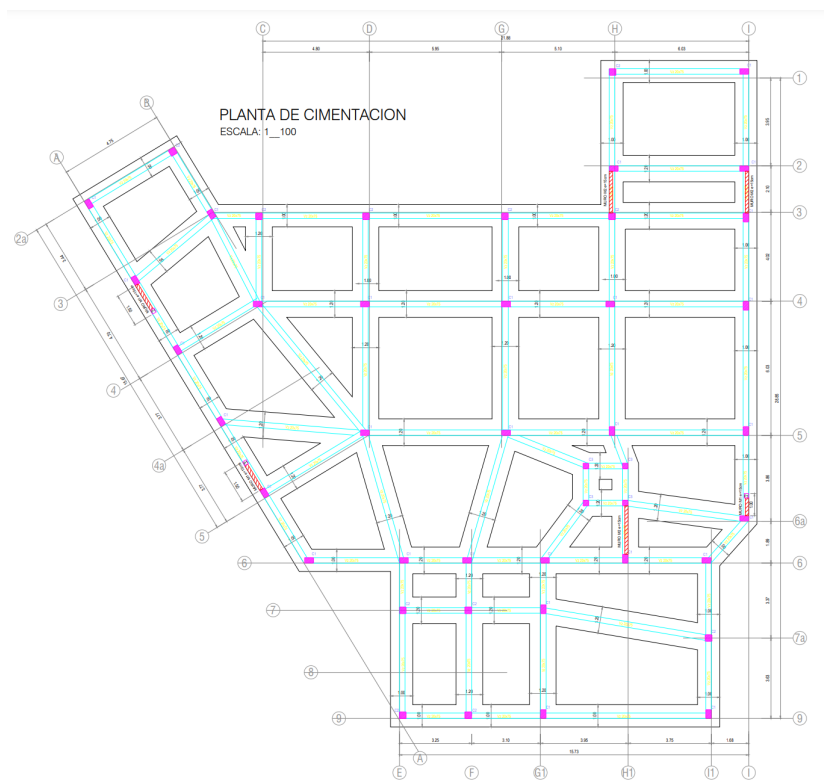


Ilustración 39. Planta de cimentación Obra HA.

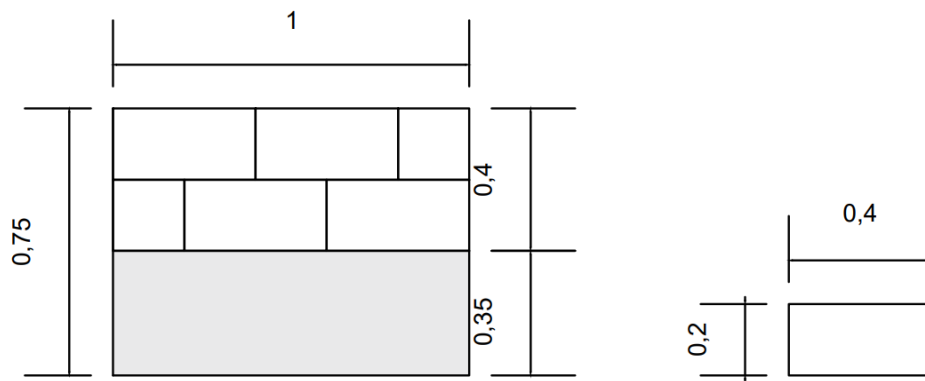


Ilustración 40. Tramo de pared de bloque de Obra HA.

Se considera 1 metro lineal de pared de bloques (bloques de 15) y en el caso de este proyecto la altura es de 0,75 metros tal como se muestra en la siguiente figura:

Se procede a hacer el cálculo del peso total de la cimentación utilizando el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**, considerando los datos mencionados, pero con la dimensión completa de la obra que tiene un Área de 377,20 m<sup>2</sup>.

Datos:

- Cantidad de Bloques en 1 metro lineal x 0,75 de altura = 9,5 Bloques
- Peso bloque de 15 = 13,82 Kg
- Longitud de Paredes de Bloques: 511,23 metros lineales

Peso de Bloques en 1 metro lineal:  $9,5 \times 13,82 \text{ Kg} = 131,29 \text{ Kg}$

Peso Total de Paredes de Bloque:  $511,23 \text{ ml} \times 131,29 \text{ Kg} = 67119,39 \text{ Kg}$

Peso Total de Paredes de Bloque = 67,12 Ton

- Debido al alivio de esfuerzos al usar este sistema claramente más liviano, se calcularon asentamientos de magnitudes despreciables.

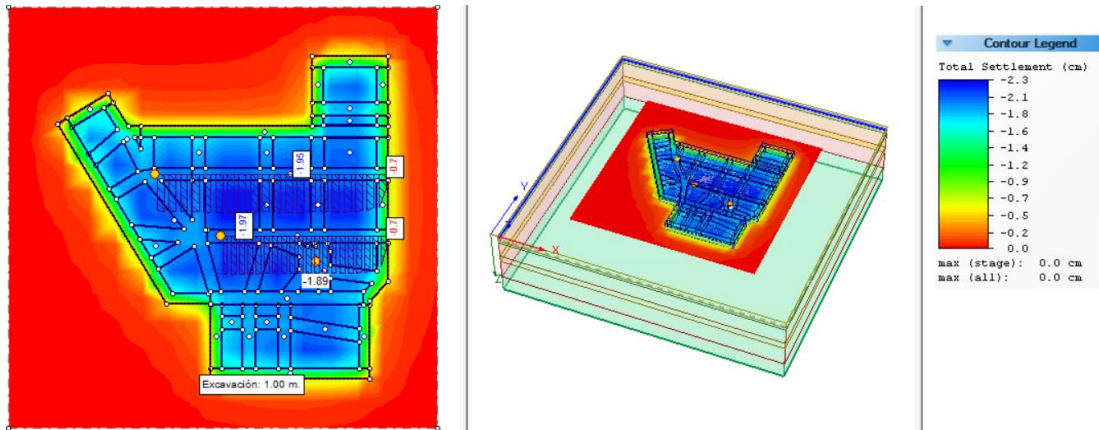
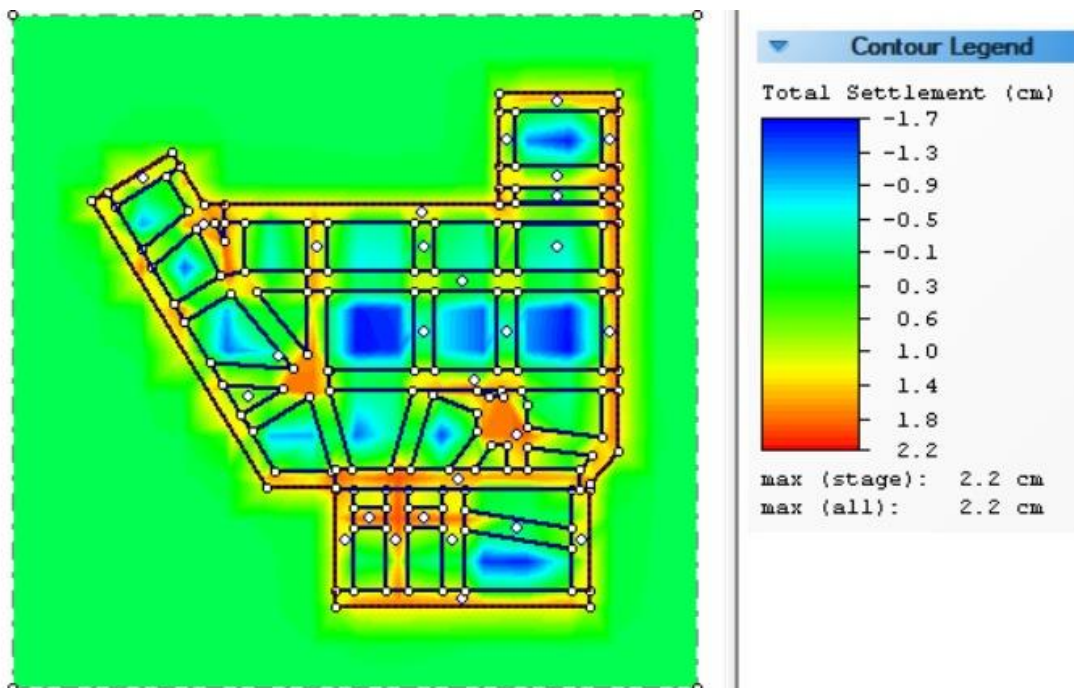


Ilustración 41. Asentamientos producidos por sistema de cimentación con paredes de bloques y vacíos en Obra HA.

- Se calcularon asentamientos de 2.2 cm producidos por el peso de toda la obra.
- Este valor de 2.2 cm está dentro de los límites tolerables.



### Comparación de Pesos de Cimentación de Ambos Sistemas:

- El Peso total del relleno convencional compactado es de 509,22 Toneladas, mientras que el peso total de las paredes de bloques es de 67,12 Toneladas.
- Con esto se puede concluir que el Peso del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** pesa tan solo el 13% de lo que pesaría el relleno convencional compactado.
- Esto quiere decir que se reducen los asentamientos notablemente, ya que con el sistema de cimentación con relleno convencional se tendría un asentamiento de 2.0 cm adicionales a los que causaría el peso de la superestructura, mientras que con el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** se tiene valores de asentamientos adicionales despreciables.

## 6. ANÁLISIS DE COSTOS

Se hará un análisis de costos entre el sistema de cimentación convencional vs. El sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, aplicado en los dos proyectos de estudio (OM Center Building y Residencia HA).

Las siguientes consideraciones resultan fundamentales para la interpretación del presente estudio:

- Los estudios geotécnicos demuestran que para ambos proyectos, el tipo de suelo es “blando”.
- Se utilizó el sistema de cimentación peraltado con paredes de bloque y vacíos, por cuanto no teníamos tiempo de aplicar una precarga (4 – 6 meses); así como tampoco se sugiere utilizar esta precarga debido a la proximidad de las construcciones vecinas.
- Al plantear estas consideraciones, el respectivo análisis de los costos de ambos proyectos demostró que el incremento del valor de la

cimentación es despreciable, por el ahorro en el tiempo, pero sobre todo por la reducción de asentamientos.

## 6.1 Proyecto 1: OM CENTER

### CASO A:

Considerando el uso de una Precarga antes de iniciar el proyecto para que el suelo se consolide:

Costo de precarga para el Proyecto 1:

Peso de Estructura: 1,55 t/m<sup>2</sup>

Peso Específico de Precarga = 1,8 t/m<sup>3</sup>

Volumen de la Precarga =  $1,55 \text{ ton/m}^2 \times 423 \text{ m}^2 / 1,8 \text{ ton/m}^3 = 364,25 \text{ m}^3$

Costo de la Precarga =  $364,25 \text{ m}^3 \times \$10 = \$3.642,5$

### CASO B:

Considerando mejoramiento de suelo a una profundidad de 3 metros por el tipo de suelo que hay en la zona:

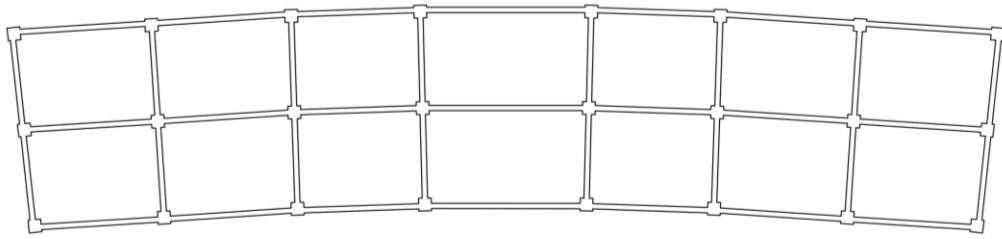
Área: 423 m<sup>2</sup>

Profundidad de mejoramiento: 1,25 m

Costo x m<sup>3</sup> de mejoramiento: \$10

Costo Total de mejoramiento de suelo:  $423 \text{ m}^2 \times 1,25 \text{ m} \times \$10 = \$5.287,50$

Costo del relleno convencional compactado en paños de cimentación:



PLANTA DE CIMENTACION: PAÑOS A RELLENAR

*Ilustración 42. Planta de cimentación con paños rellenos obra OM Center.*

Se considera un relleno convencional compactado para llenar los paños de cimentación, el cual ya tiene un costo específico con el que se realizaron los cálculos:

Datos:

- Altura = 1,75 m
- Área Total: 47 m x 9 m = 423 m<sup>2</sup>
- Volumen Total de Relleno = 1,75 m x 423 m<sup>2</sup> = 740,25 m<sup>3</sup>
- Costo x m<sup>3</sup> Compactado = \$17,10

Costo de Relleno Convencional Compactado = 740,25 m<sup>3</sup> x \$17,10 = \$12.658,27

**COSTO TOTAL CASO A** = Costo de Precarga + Costo de Relleno Convencional Compactado

**COSTO TOTAL CASO A** = \$3.642,50 + \$12.658,27

**COSTO TOTAL CASO A** = \$ 16.300,77

**COSTO TOTAL CASO B** = Costo de Mejoramiento de Suelo + Costo de Relleno Convencional Compactado

**COSTO TOTAL CASO B** = \$5.287,50 + \$12.658,27

**COSTO TOTAL CASO B** = \$ 17.945,77

Costo del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** para este proyecto:

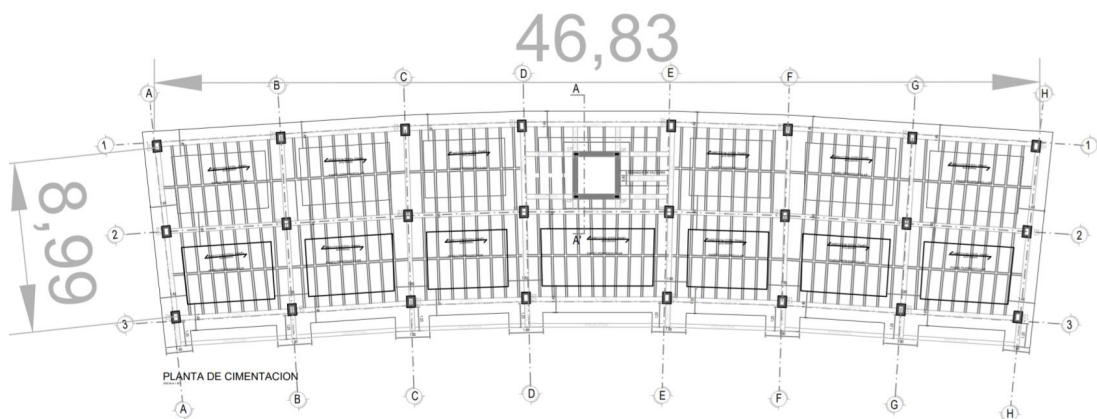


Ilustración 43. Planta de cimentación con paredes de bloques y vacíos obra OM Center.

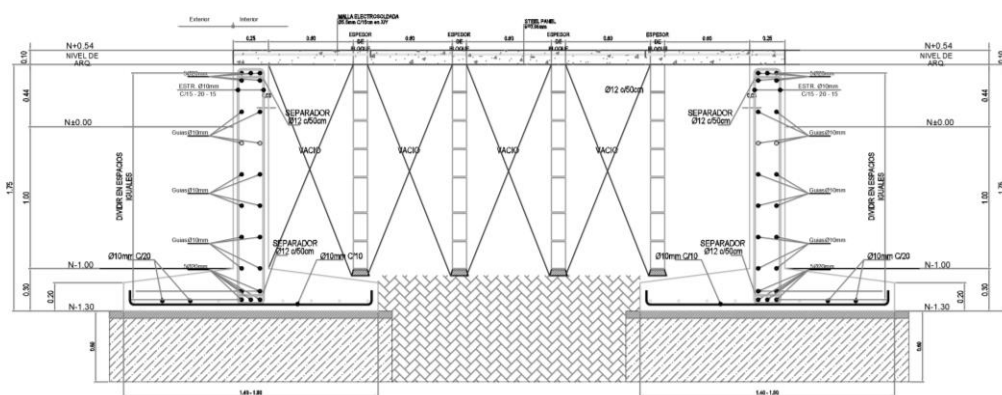


Ilustración 44. Corte transversal de cimentación y paredes de bloques con vacíos de obra OM Center.



Se procede a hacer el cálculo del Costo Total del relleno de cimentación utilizando el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**:

Datos:

- Altura de Paredes de Bloque = 1,75 m
- Longitud de Paredes de Bloque = 58 Unidades x 9 ml = 522 ml
- Área Total de Paredes de Bloques = 1,75 m x 522 ml = 913,5 m<sup>2</sup>
- Costo x m<sup>2</sup> de Paredes de Bloque de 20 = \$26
  
- Costo de Steel Deck = 423 m<sup>2</sup> x \$12 = \$5.076
- Costo de Paredes de Bloque (Bloque de 20): 913 m<sup>2</sup> x \$26 = \$23.751,00
- Costo Total (Paredes de Bloques + Steel Deck) = \$28.827,00

#### **Comparación de costos para los diferentes casos:**

- El Costo Total del Relleno Convencional Compactado en el CASO A, considerando una precarga es de \$16.300,77 y para el CASO B considerando un mejoramiento del suelo antes de iniciar el proyecto es de \$17.945,77, mientras que el costo total del sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos es de \$28.827,00.
- En la comparación de costos se puede observar que el sistema de cimentación con paredes de bloques y vacíos es un 55% más costoso; porcentaje que resulta despreciable en una construcción cuyo valor asciende a 1.3 millones de dólares, y el incremento en el costo de la cimentación (\$12.526,23), tan solo representa el 0,96% del costo total.
- Luego de analizar los beneficios que tiene este tipo de cimentación, podemos llegar a la conclusión que es más conveniente, por cuanto la

inversión adicional es marginal, el tiempo que demanda la solución es apropiado para este tipo de proyectos (comerciales, en los que se requiere terminar la obra en el menor tiempo posible), y, evitamos los asentamientos diferenciales, que en una edificación con este tipo de geometría resultarían inconvenientes y notorios.

## **6.2 Proyecto 2: Residencia HA – Plaza Lagos**

### **CASO A:**

Considerando el uso de una Precarga antes de iniciar el proyecto para que el suelo se consolide:

Costo de precarga para el Proyecto 2:

Peso de la Estructura = 1,15 t/m<sup>2</sup>

Peso Específico de Precarga = 1,8 t/m<sup>3</sup>

Volumen de la Precarga = 1,15 ton/m<sup>2</sup> x 377,20 m<sup>2</sup>/1,8 ton/m<sup>3</sup> = 240,99 m<sup>3</sup>

Costo de la Precarga = 240,99 m<sup>3</sup> x \$10 = \$2.409,90

## Costo de relleno convencional compactado:

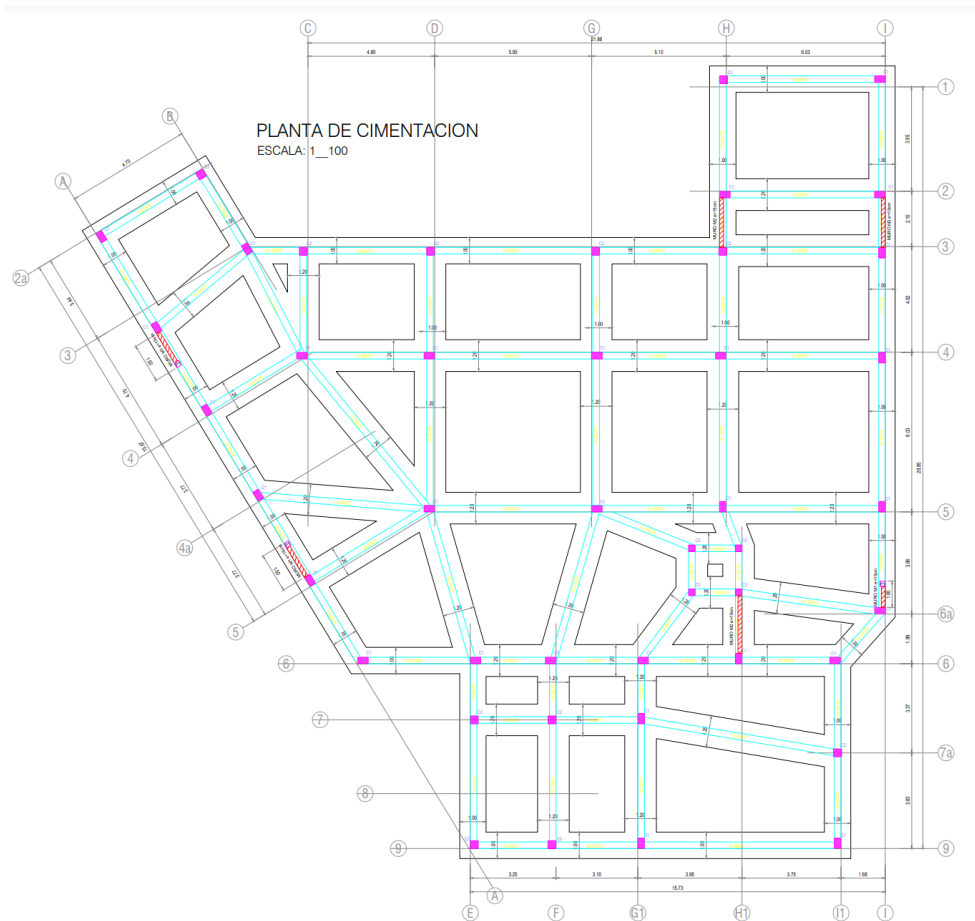


Ilustración 45. Planta de cimentación Obra HA.

Se considera la Cimentación de esta estructura con un Relleno Convencional Compactado, el cual ya tiene un costo específico con el que se realizaron los cálculos:

Datos:

- Altura = 0,75 m
- Área Total = 377,20 m<sup>2</sup>
- Volumen Total de Relleno = 0,75 m x 377,20 m<sup>2</sup> = 282,90 m<sup>3</sup>
- Costo x m<sup>3</sup> Compactado = \$17,10

Costo de Relleno Convencional Compactado= 282,90 m<sup>3</sup> x \$17,10 = \$4837,59

**COSTO TOTAL CASO A** = Costo de Precarga + Costo de Relleno Convencional Compactado

**COSTO TOTAL CASO A** = \$2.409,89 + \$4.837,59

**COSTO TOTAL CASO A** = \$7.247,48

**Costo del sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos:**

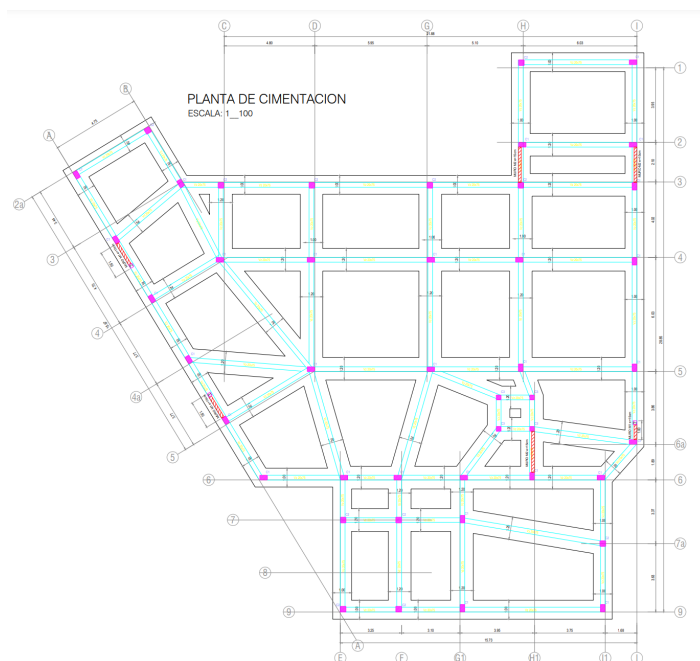


Ilustración 46. Planta de cimentación Obra HA.

Se procede a hacer el cálculo del Costo Total del relleno de cimentación utilizando el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos:**

Datos:

- Altura de Paredes de Bloque = 0,75 m

- Longitud Total de Paredes de Bloque = 511,23 ml
- Área Total de Paredes de Bloques = 0,75 m x 511,23 ml = 383,42 m<sup>2</sup>
- Costo x m<sup>2</sup> de Paredes de Bloque de 15 = \$22
- Costo de Steel Deck = 377,20 m<sup>2</sup> x \$12 = \$4.526,40
- Costo de Paredes de Bloque (Bloque de 15): 383,42 m<sup>2</sup> x \$22 = \$8.435,24
- Costo Total (Paredes de Bloques + Steel Deck) = \$12.961,64

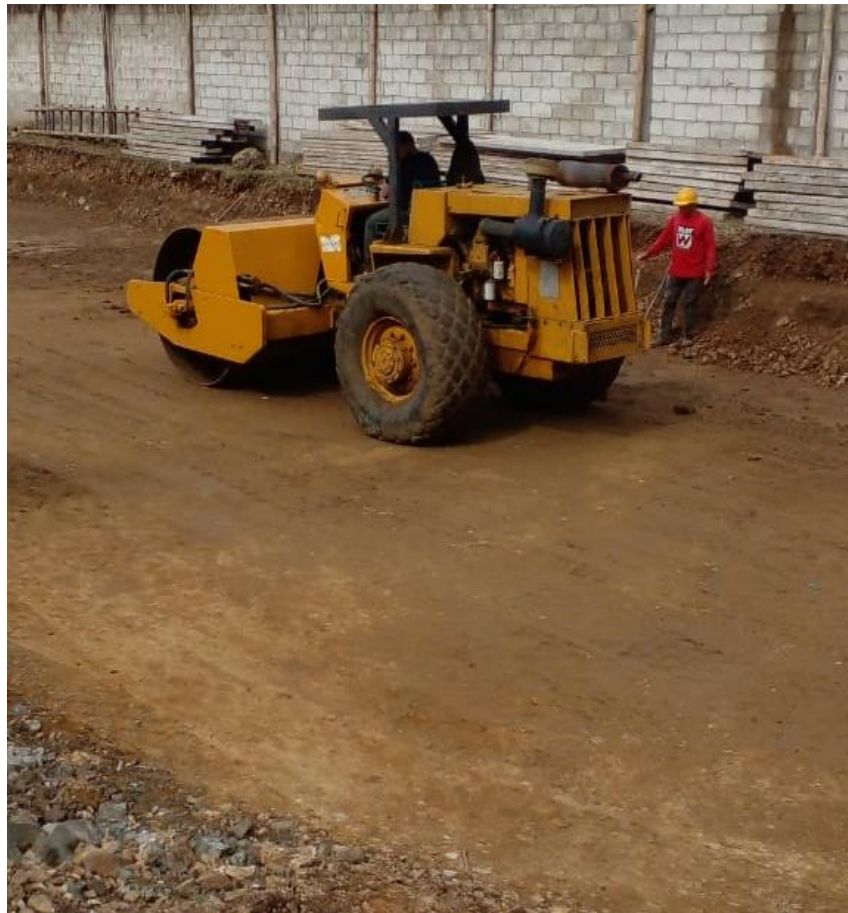
### Comparación de costo de ambos sistemas:

- El Costo Total del Relleno Convencional Compactado en el CASO A, considerando una precarga es de \$7.247,49, mientras que el costo total del **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** es de \$12.961,64.
- En la comparación de costos de los sistemas de cimentación, podemos observar que el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos** es un 45% más costoso; porcentaje que resulta despreciable en una vivienda cuyo valor bordea el millón de dólares, y el incremento en el costo de la cimentación (\$5.714,15), tan solo es el 0,57% del costo total.
- Adicionalmente se optó por el **sistema de cimentación peraltado con paredes de bloques y vacíos** ya que es mucho más liviano que el convencional y, evitará los asentamientos que pudiendo ser diferenciales o no, producen efectos estéticos como el agrietamiento de paredes, pisos y fisuras en general.

## 7. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN PERALTADA CON MUROS DE BLOQUES Y VACÍOS

### 7.1 PROYECTO 1: OM CENTER

#### ➤ Primer Paso: Preparación del terreno.



*Ilustración 47. Preparación del terreno.*

El terreno sobre el que se implantó la cimentación fue preparado mediante la colocación de un relleno compactado en capas de 30 cm con un procedimiento de compactación dinámica, sin vibración para no molestar a las

construcciones residenciales vecinas, llegando 95% de la prueba del Proctor modificado que cumple con los requisitos del estudio geotécnico.

➤ **Segundo Paso: Fundición de Replanteo.**



*Ilustración 48. Fundición de Replanteo.*

Se coloca un replanteo de hormigón simple de 5 cm para evitar que las zapatas tengan contacto directo con el suelo.

➤ **Tercer Paso: Armado de Zapatas.**

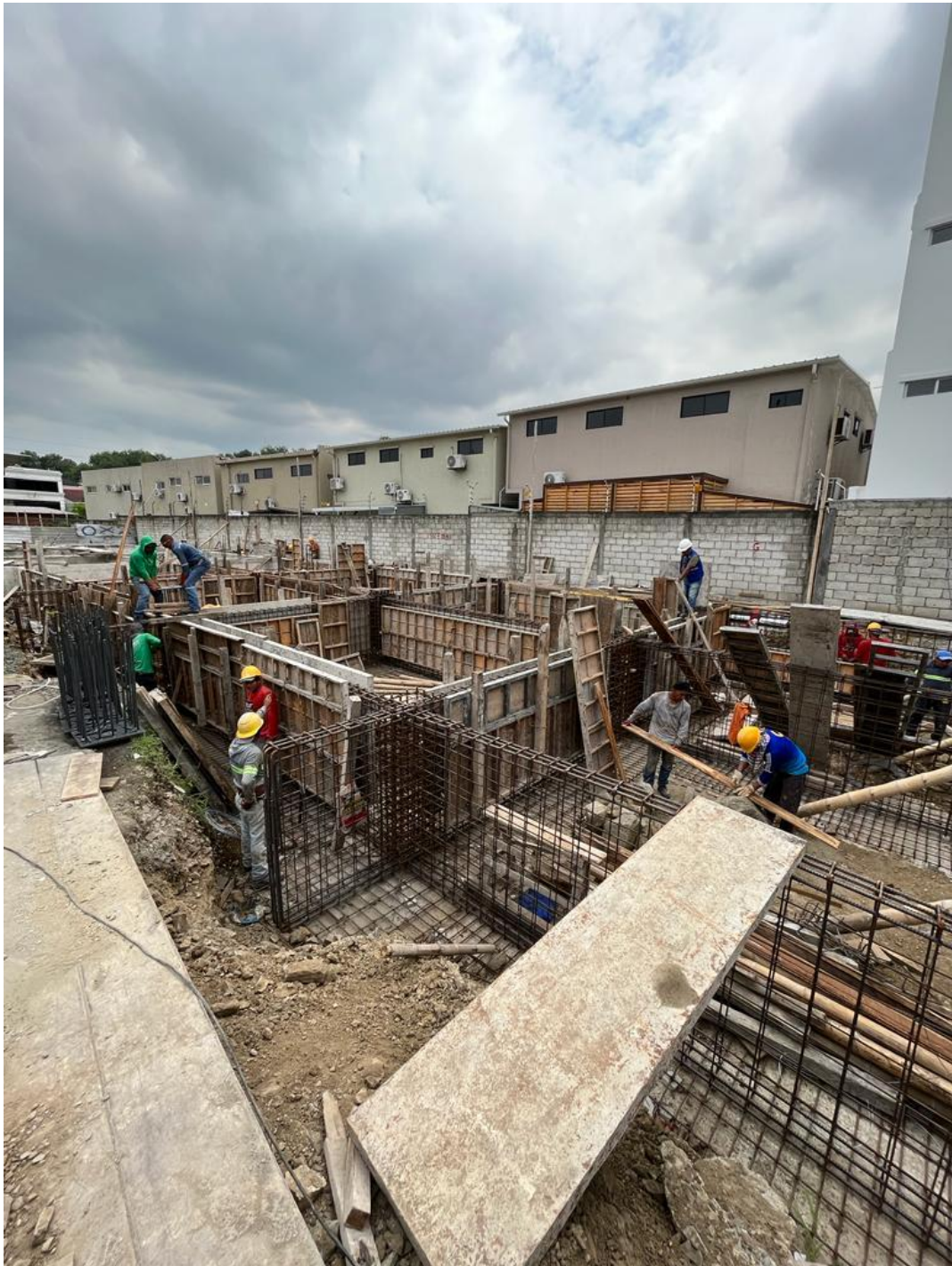


*Ilustración 49. Armado de Zapatas.*

Armado de zapatas de cimentación en dos sentidos con un ancho en zapatas perimetrales de 1,20 m y las centrales 1,60 m; la altura total de las zapatas en toda el área es de 1,75 m y el ancho de viga de zapata es de 25 cm.



➤ **Cuarto Paso: Encofrado de Zapatas.**



*Ilustración 50. Encofrado de Zapatas.*

Es recomendable que el encofrado de este tipo de cimentaciones seas suficientemente fuerte para resistir un llenado de hormigón hasta la altura de 1,75 m, por lo que se recomienda hacerlo por partes.

➤ **Quinto Paso: Apuntalamiento de Zapatas.**



*Ilustración 51. Apuntalamiento de Zapatas.*

Se debe utilizar un buen apuntalamiento con los puntales necesarios para que resistan el peso de un hormigón que se lo va a fundir hasta 1,75 m de altura.

➤ **Sexto Paso: Fundición de Zapatas.**



*Ilustración 52. Fundición de Zapatas.*

El proceso se inicia con la fundición del ancho de zapata y luego la viga hasta llegar al nivel requerido, utilizando un hormigón de resistencia 280 Kg/cm<sup>2</sup>.

- **Séptimo Paso: Fundición de Contrapiso en Paños Interiores para Colocar Paredes de Bloques.**



*Ilustración 53. Fundición de Contrapiso en Paños Interiores para Colocar Muros de Bloque.*

Se funde un contrapiso de 5 cm de espesor con hormigón simple para que las paredes de bloque se apoyen sobre una superficie plana y resistente y sean más estables.

➤ **Octavo Paso: Colocación de Bloques.**



*Ilustración 54. Colocación de Bloques.*

Se procede a colocar los bloques de 20 con una separación de 60 cm entre cada muro de bloque, se debe considerar que al tener un muro más largo que 3 metros hay que poner una traba central de bloques en el centro, por esa razón se dejan esos espacios en el muro.

➤ **Noveno Paso: Colocación de Bloques de Refuerzo.**



*Ilustración 55. Colocación de Bloques de Refuerzo.*

Se coloca una hilada de bloques de 20 en la dirección contraria a los muros que le van a dar un soporte adicional por ser muros de más de 3 metros de largo para que sea un sistema más estable.

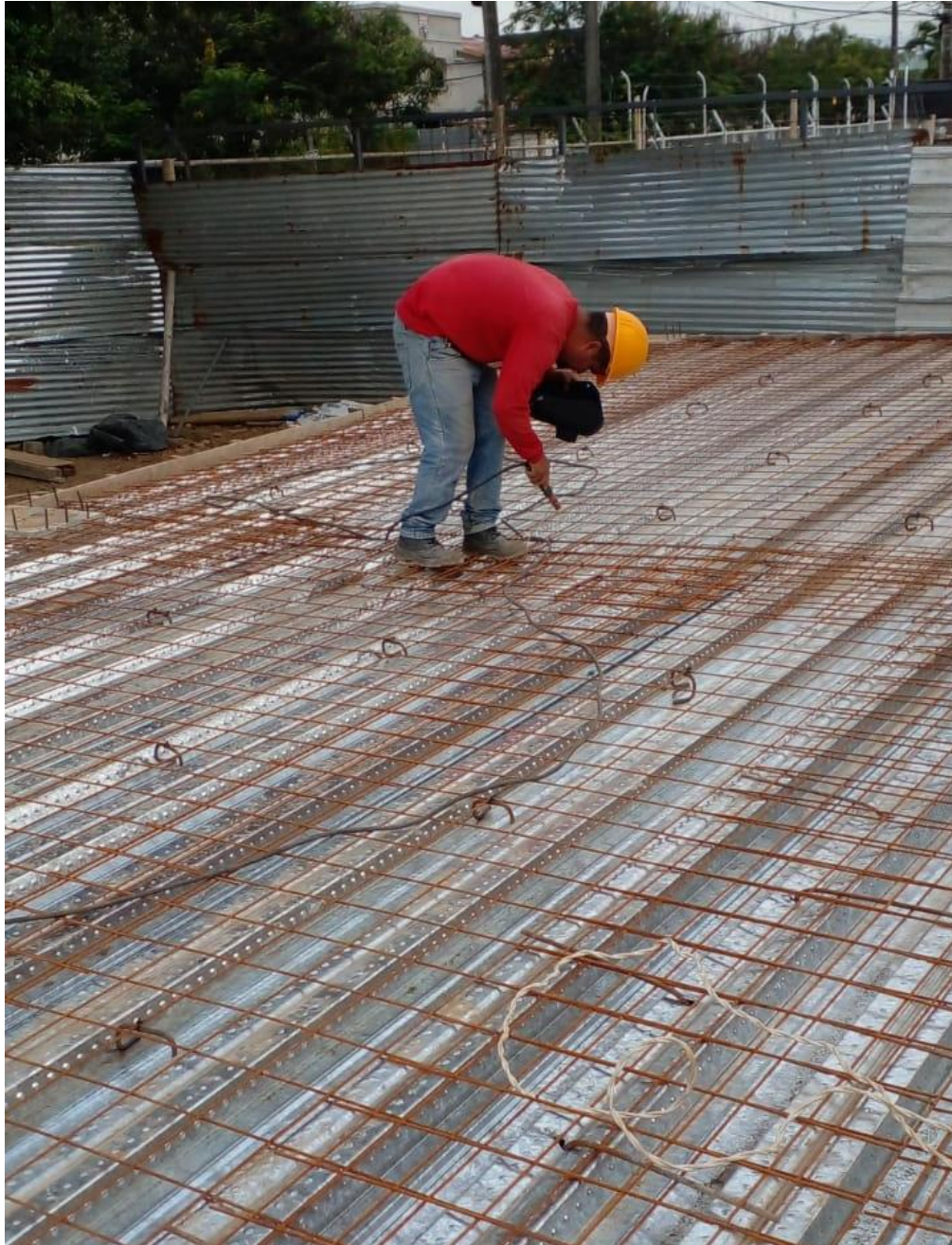
➤ **Décimo Paso: Colocación de Planchas de Steel Panel.**



*Ilustración 56. Colocación de Planchas de Steel Panel.*

Se colocan planchas de Steel panel de 0.65 mm de espesor sobre las paredes de bloque (se dejan chicotes sobre las vigas de cimentación para el agarre a la plancha de Steel panel):

➤ **Undécimo Paso: Colocación de Mallas Electrosoldadas.**



*Ilustración 57. Colocación de Mallas Electrosoldadas.*



Es recomendable utilizar doble malla electrosoldada para que la losa tenga una mayor resistencia a la tensión y se debe conectar los chicotes hasta la malla para que todo funcione como un solo elemento.

➤ **Duodécimo Paso: Fundición de la Losa.**



*Ilustración 58. Fundición de la Losa.*

Para la fundición de la losa de planta baja se debe utilizar un hormigón de resistencia 280 Kg/cm<sup>2</sup> y con 10 cm de espesor.

**Foto Aérea:**



*Ilustración 59. Foto Aérea Obra OM Center*

Foto aérea de proyecto donde se pueden ver las distintas etapas del proceso constructivo del sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos.

## 7.2 PROYECTO 2: Obra HA – Plaza Lagos

### ➤ Primer Paso: Preparación del terreno.



*Ilustración 60. Preparación del terreno.*

El terreno sobre el que se implantó la cimentación fue preparado mediante la colocación de un relleno compactado en capas de 30 cm con un procedimiento de compactación dinámica, sin vibración para no molestar a las construcciones residenciales vecinas, llegando 95% de la prueba del Proctor modificado que cumple con los requisitos del estudio geotécnico, luego se procedió a marcar la ubicación de las zapatas en el terreno.

➤ **Segundo Paso: Excavación para Zapatas.**



*Ilustración 61. Excavación para Zapatas.*

Se debe hacer la respectiva excavación en las zonas que fueron marcadas para la ubicación de las zapatas.

➤ **Tercer Paso: Fundición de Replanteo para Zapatas.**



*Ilustración 62. Fundición de Replanteo para Zapatas.*

Se coloca un replanteo de hormigón simple de 5 cm para evitar que las zapatas tengan contacto directo con el suelo.

➤ **Cuarto Paso: Armado de Zapatas.**



*Ilustración 63. Armado de Zapatas.*

Se empieza armando las zapatas desde la plancha inferior y luego la viga hasta el nivel que sea necesario.

➤ **Quinto Paso: Encofrado y Apuntalamiento de Zapatas.**



*Ilustración 64. Encofrado y Apuntalamiento de Zapatas.*

Se debe tener un encofrado resistente con su respectivo apuntalamiento, para que aguante la fuerza de una fundición completa.

➤ **Sexto Paso: Fundición de Zapatas.**



*Ilustración 65. Fundición de Zapatas.*

Como en el caso de esta obra las vigas de cimentación no son tan altas, se puede hacer una fundición completa sin necesidad de dividirla en dos partes. Se utiliza hormigón con resistencia de 280 Kg/cm<sup>2</sup>.



➤ **Séptimo Paso: Desencofrado de Zapatas.**



*Ilustración 66. Desencofrado de Zapatas.*

Para que sea sencillo el desencofrado se recomienda usar un producto especial que hace que no se quede totalmente pegado el hormigón que se funde con el encofrado para que se lo pueda retirar fácilmente.

➤ **Octavo Paso: Fundición de Viguetas de Soporte para Muros de Bloques.**



*Ilustración 67. Fundición de Viguetas de Soporte para Muros de Bloque.*

Se fundieron estas viguetas para usarlas como soporte de los muros de bloque para que sean más estables.

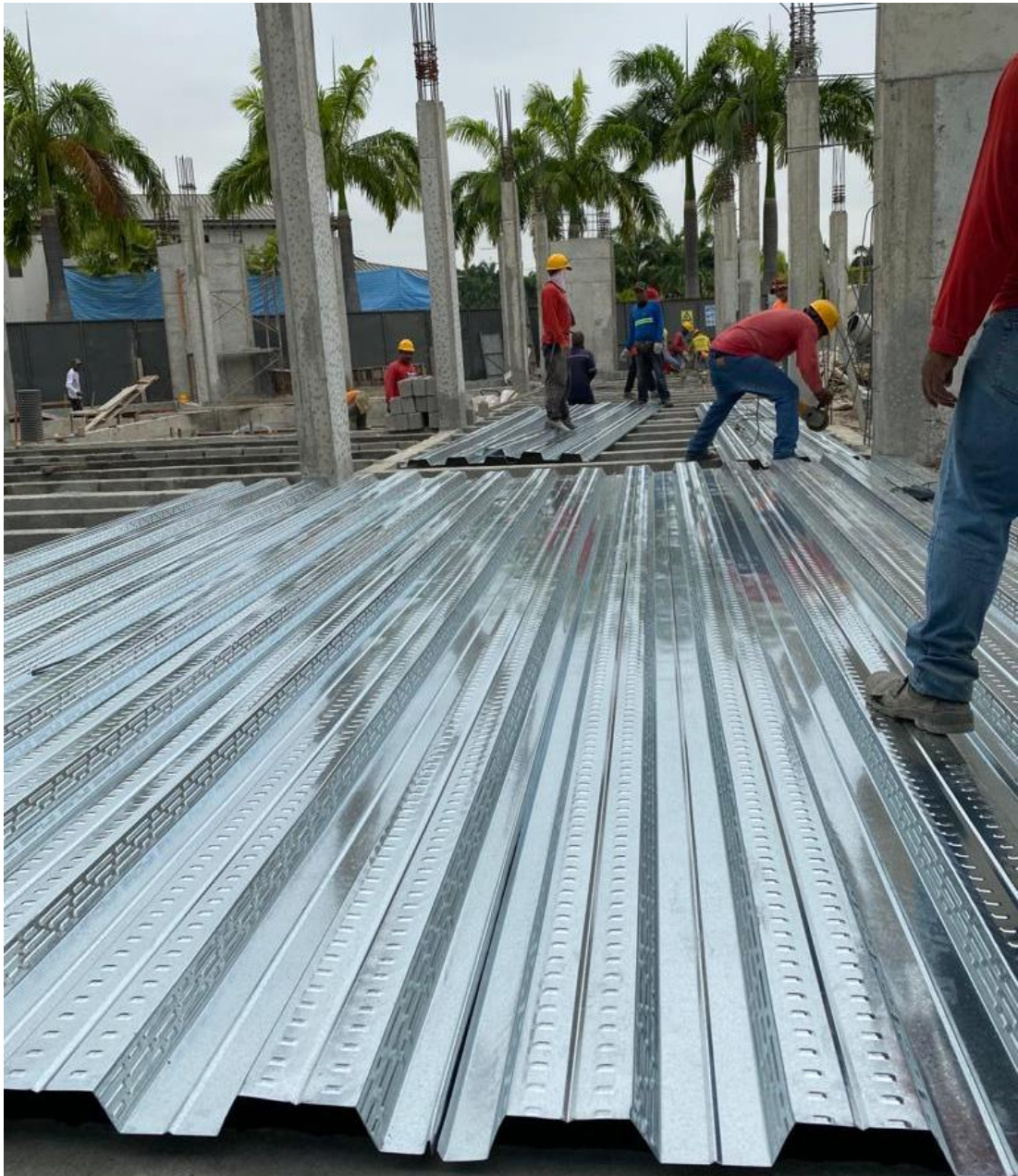
- **Noveno Paso: Colocación de bloques hasta nivel de vigas de cimentación.**



*Ilustración 68. Colocación de bloques hasta nivel de vigas de cimentación.*

Se colocaron los bloques sobre las viguetas anteriormente fundidas hasta alcanzar el nivel requerido sobre donde va a estar apoyada la losa, se debe tomar en cuenta que las paredes de bloques pueden estar separadas con un máximo de 60 cm.

- **Décimo Paso: Colocación de planchas de Steel panel para fundición de losa.**



*Ilustración 69. Colocación de planchas de Steel panel para fundición de losa.*

Se recomienda utilizar planchas de Steel Panel de 0.65 mm de espesor para garantizar que la losa quede maciza.

- **Undécimo Paso: Colocación de malla electrosoldada para fundición de losa:**



*Ilustración 70. Colocación de malla electrosoldada para fundición de losa:*

Se debe colocar sobre la plancha de Steel panel malla electrosoldada y que vaya amarrada con los chicotes que se dejaron anteriormente para que al fundir la losa funcione como un solo elemento.

➤ **Duodécimo Paso: Fundición de Losa.**



*Ilustración 71. Fundición de Losa.*

La losa se debe fundir con un hormigón de resistencia 280 Kg/cm<sup>2</sup> con una buena vibración, una vez que el hormigón haya fraguado las paredes de bloques con los vacíos intermedios quedan perdidas debajo de la losa.

7.3. Experimento utilizando el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos:**

- ✓ Se comenzó colocando paredes de bloques en una posición determinada de tal forma que puedan ser el soporte de una losa de hormigón:



*Ilustración 72. Colocación de bloques en forma determinada.*

- ✓ Se alcanzó con las paredes de bloques el nivel requerido, se tuvo que poner mitad de bloques en la parte superior para alcanzar el nivel exacto y se dejaron chicotes en forma de L para que la losa que viene encima tenga donde agarrarse y funcione como un solo elemento:



*Ilustración 73. Colocación de bloques hasta nivel requerido.*



- ✓ Se aumentaron unos bloques de refuerzo entre las paredes para tener un mejor soporte, se decidió colocar esos soportes adicionales para que la losa sea más estable al momento de la fundición:



*Ilustración 74. Colocación de refuerzos de bloques entre paredes para mejor soporte de la losa.*

- ✓ Se colocó una plancha de plywood sobre paredes de bloque que va a servir como encofrado para poder fundir la losa de hormigón encima:



*Ilustración 75. Colocación de plancha de plywood usada como encofrado para la losa.*

- ✓ Se puso doble malla electrosoldada, con las respectivas galletas de separación y cada cruce de hierro amarrado con doble alambre:



*Ilustración 76. Colocación de doble malla electrosoldada para fundición de losa.*

- ✓ Se procedió a la fundición de la losa de hormigón con resistencia de 280 Kg/cm<sup>2</sup>, al terminar de fraguar queda como una losa maciza que la está soportando las paredes de bloques con los vacíos entre ellas:



*Ilustración 77. Fundición de losa.*

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, se ha realizado la comparación entre el uso de rellenos convencionales y el **sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos**, evaluando los asentamientos en los suelos de fundación o subyacentes.

- Las paredes de bloques representan tan solo un 13% - 15% aproximadamente del peso que sería con relleno convencional compactado, lo cual reduce notablemente los asentamientos a un valor despreciable para los dos proyectos analizados.
- Los costos tienen una diferencia que oscilan entre el 45% y 55% aproximadamente que, siendo un porcentaje importante dentro del costo de la cimentación, en relación al costo total de la obra resulta marginal no llegando ni al 1% de su costo.
- Está demostrado que es el sistema de cimentación recomendado para construcciones con cimentación superficial sobre suelos blandos.
- Para estudios posteriores, se recomienda realizar una evaluación estructural y sísmica de este sistema de cimentación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ASTM D2435/D2435M-11 (2020). Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading. Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Vol. 04.01, Soil and Rock, Building Stones. ASTM International.

Benítez et al. (2005). Estudio Geológico de la ciudad de Guayaquil.

Przewlocki et al., (2005). Departamento de ciencias de la tierra y la construcción carrera de ingeniería civil.

Tandazo, E. & Ramírez, J. (2009). Obtención de ecuaciones de correlación para estimar las velocidades de las ondas de corte en los suelos de la ciudad de Guayaquil.

Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil mechanics in engineering practice. John Wiley & Sons.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Wong Magnalardo, Nicolás Ottón** con C.C: # **0922659420** autor/a del trabajo de titulación: **Análisis comparativo entre cimentación con rellenos convencionales y sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, sobre depósitos de suelos blandos (Casos de edificaciones en Guayaquil y Samborondón)**, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, 20 de septiembre de 2022**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Wong Magnalardo, Nicolás Ottón**

C.C: **0922659420**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis comparativo entre cimentación con rellenos convencionales y sistema de cimentación peraltada con paredes de bloques y vacíos, sobre depósitos de suelos blandos (Casos de edificaciones en Guayaquil y Samborondón).		
AUTOR:	Wong Magnalardo, Nicolás Ottón		
TUTOR:	Ing. Grau Sacoto, Francisco Javier M.Sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Carrera de Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	85
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería, Construcción, Cimentaciones		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Asentamientos, Consolidación, Cimentación, Relleno, Suelos Blandos, Paredes De Bloques Y Vacíos.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): Esta Tesis está orientada a estudiar una alternativa en la construcción cuando se da una diferencia de niveles arquitectónicos entre el terreno natural existente y la cota final del proyecto de planta baja. Normalmente los constructores suelen subir del nivel 0 al nivel requerido (0,54 m) que es el más común, utilizando relleno convencional compactado. Pero se olvidan de un tema muy importante que son los asentamientos, ya que ese relleno que se pone viene a actuar como una precarga y toda precarga va a causar asentamientos. Por esta razón, proponemos una alternativa para llegar al nivel requerido sin la necesidad de usar un relleno compactado, y en lugar de eso usar unas paredes de bloques espaciadas 60 cm que quedan como vacíos entre cada pared. Estas paredes de bloques representan tan solo un 15% del peso que sería con relleno convencional compactado, lo cual reduce notablemente los asentamientos que se van a dar. Esto es un aporte muy significativo ya que el tema de cimentaciones y asentamientos en Guayaquil y Samborondón es muy importante debido a los suelos que se tienen en estas zonas llamados suelos "blandos" sobre los cuales hay que saber cómo se van a comportar para así elegir el sistema de cimentación más adecuado y evitar problemas de asentamientos.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593989542683	E-mail: nicowong_m@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Zhune Cedeño Jennifer Nicole		
	Teléfono: +593984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			