

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CIMENTACIÓN DE EDIFICACIONES EN TERRENO CON NAPA  
FREÁTICA ALTA - APLICACIÓN AL CONDOMINIO CIUDAD  
VERDE**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUIS SANTOS PUÉMAPE CALDERÓN**

**Lima- Perú**

**2015**

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor por la confianza depositada en mí, el apoyo incondicional en cada uno de los años que me vieron crecer, estudiar y esforzarme para cumplir mis objetivos por mí y por ustedes. Gracias por siempre estar allí porque sin ustedes yo no sería nada.

Luis y Yoly

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	4
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6

### **CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES**

1.1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1.1 Cimentaciones.....	7
1.1.2 Tipos de cimentación.....	8
1.1.3 Napa freática.....	12
1.2. CONDICIONES DEL TERRENO.....	12

### **CAPÍTULO II: ALTERNATIVAS PARA CIMENTACIÓN EN TERRENOS CON NAPA FREÁTICA ALTA**

2.1 PROPUESTAS PLANTEADAS PARA CIMENTAR LOS EDIFICIOS EN TERRENO CON NAPA FREÁTICA ALTA.....	14
2.1.1 Combinación suelo cemento.....	14
2.1.2 Concreto fluido.....	17
2.1.3 Concreto ciclópeo.....	20
2.1.4 Pilotes protegidos.....	21
2.1.5 Comparación de precios de los cuatro sistemas planteados.....	23
2.1.6 Desvío de agua por medio de zanjas.....	24
2.1.7 Recolección de agua por tuberías perforadas.....	24

### **CAPÍTULO III: CIMENTACIÓN DEL CONDOMINIO “CIUDAD VERDE”**

3.1	UBICACIÓN.....	26
3.2	PERFIL DEL SUELO.....	27
3.3	RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN SEGÚN EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	27
3.4	CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LOS RELLENOS MIXTOS DE BAJA RESISTENCIA CONTROLADA.....	28
3.5	PROCEDIMIENTO DEL MEJORAMIENTO DE TERRENO POR MEDIO DE CONCRETO CICLÓPEO.....	30
3.6	CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS POR MEDIO DE PLATEAS.....	31
3.7	SISTEMA DE DRENAJE.....	32
3.7.1	Alcance.....	32
3.7.2	Nivel de agua.....	32
3.7.3	Sistema de drenaje propuesto.....	33
3.7.4	Ventajas y desventajas de alternativas A y B.....	36
3.7.5	El sistema “Mac Drain” propuesto.....	37
3.7.6	Compuerta de no retorno tipo charnela.....	38
3.7.7	Proveedores del sistema de drenaje.....	39

### **CAPÍTULO IV : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.	CONCLUSIONES.....	40
4.2	RECOMENDACIONES.....	41

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>43</b>

## RESUMEN

En el presente Informe de Suficiencia titulado “Cimentación de edificaciones en terreno con napa freática alta – Aplicación al condominio “Ciudad Verde”, se describe de manera practica el proceso constructivo de cimentación de un caso particular; el del proyecto condominio “CIUDAD VERDE”, ubicado en el km 28 de la carretera Panamericana Norte, en un terreno de 30,000 m<sup>2</sup>, donde el estudio geotécnico reporta niveles de la napa freática entre 0.30 y 1.50m presentando fluctuaciones. En tal lugar, la empresa PAZ CENTENARIO proyecta la construcción de edificios multifamiliares con torres de 5 pisos y 9 pisos.

La evaluación técnica realizada del proyecto, las alternativas para cimentar las superestructuras, ventajas de cada alternativa, el costo de cimentación implicado y finalmente el sistema de drenaje optado para deprimir la napa freatica son parte del presente informe. A continuación se describe el contenido de los capítulos de este informe:

Capítulo I, se presenta generalidades a considerar en la cimentación de edificaciones, tipos de cimentación, definiciones y la condición del terreno del proyecto en aplicación.

Capitulo II, se describen las propuestas planteadas para cimentar edificaciones en terrenos con napa freática alta, las ventajas y desventajas de cada una de ellas, así como también la comparación de precios.

Capitulo III, se describe el proceso constructivo empleado en el condominio “Ciudad Verde” teniendo en cuenta el perfil del suelo, el nivel de la napa freática y la elección del sistema de drenaje optado para controlar el nivel del agua subterránea.

Capitulo IV, finalmente abordamos las conclusiones a las que llegamos en el presente informe y realizamos recomendaciones para aplicarlas en situaciones similares en otros proyectos.

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro N° 01</b> Densidad para bases Suelo - Cemento .....	16
<b>Cuadro N° 02</b> Especificaciones del relleno fluido.....	20
<b>Cuadro N° 03</b> Comparación de precios de sistemas de cimentación.....	23
<b>Cuadro N° 04</b> Niveles de las líneas de drenaje alternativa “A” .....	33
<b>Cuadro N° 05</b> Niveles de las líneas de drenaje alternativa “B” .....	35
<b>Cuadro N° 06</b> Tamices del material de relleno del geodren.....	38

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N° 01</b> Cimentación continua, pilotes de concreto con vigas de cimentación.....	22
<b>Figura N° 02</b> Esquema de uso de pilotes impermeabilizados.....	23
<b>Figura N° 03</b> Tubo de P.V.C perforado adyacente al cimiento y que colecta las aguas, evacuándolas al punto más bajo.....	25
<b>Figura N° 04</b> Ubicación del proyecto.....	26
<b>Figura N° 05</b> Detalles típicos para platea de cimentación edificio de 9 pisos....	31
<b>Figura N° 06</b> Detalles típicos para platea de cimentación edificio de 5 pisos....	31
<b>Figura N° 07</b> Detalle de geodren exteriormente.....	37
<b>Figura N° 08</b> Detalle de geodren interiormente.....	37
<b>Figura N° 09</b> Compuerta de no retorno tipo charnela.....	38



## INTRODUCCIÓN

La construcción de la mayoría de edificaciones se inicia con trabajos de excavación para la construcción de la cimentación de la estructura; por lo general, cuando el estrato de suelo resistente de apoyo se ubica a poca profundidad, no habrá mayor complicación en el proceso constructivo. Sin embargo, la situación no es ideal cuando se encuentra suelos de poca resistencia como arcillas, arenas sueltas, suelos orgánicos, suelos con napa freática alta y suelos especiales en general, que justifican un tipo de cimentación adecuado a cada caso.

Una de las mayores dificultades en el proceso constructivo, es trabajar en terrenos con napa freática alta con flujo constante de agua, es necesario el empleo de técnicas apropiadas y uso de materiales adecuados. El estado del arte, presenta avance en el diseño de concreto especial para trabajar bajo el agua, así también en sistemas de drenaje.

Un caso particular es el proyecto del condominio "CIUDAD VERDE", ubicado en el km 28 de la carretera Panamericana Norte, en un terreno de 30,000 m<sup>2</sup>, donde el estudio geotécnico reporta niveles de la napa freática entre 0.30 y 1.50m presentando fluctuaciones. En tal lugar, la empresa PAZ CENTENARIO proyecta la construcción de edificios multifamiliares con torres de 5 pisos y 9 pisos.

## CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Marco teórico

#### 1.1.1 CIMENTACIONES

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados (excepto en suelos rocosos muy coherentes).

La cimentación es importante porque es el grupo de elementos que soportan a la superestructura. Hay que prestar especial atención ya que la estabilidad de la construcción depende en gran medida del tipo de terreno.

Siempre que sea posible, se preferirá que los cimientos estén solicitados por cargas centradas, ya que las excéntricas pueden provocar empujes diferenciales.

Se buscará siempre que el terreno de apoyo sea resistente y, si eso no fuese posible, habrá que buscar soluciones alternativas.

En muchos casos, los cimientos no solo transmiten compresiones, sino que mediante esfuerzos de rozamiento y adherencia llegan a soportar cargas horizontales y de tracción, anclando el edificio al terreno, si fuese necesario.

Además de estas funciones principales, los cimientos han de cumplir otros propósitos:

- Ser suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Soportar esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual se dispondrán armaduras en su cara inferior, que absorberán las tracciones.
- Acomodarse a posibles movimientos del terreno.
- Soportar las agresiones del terreno y del agua y su presión, si la hay.

### 1.1.2 Tipos de cimentación

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes. A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación. Siempre que es posible se emplean cimentaciones superficiales, ya que son el tipo de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar. Cuando por problemas con la capacidad portante o la homogeneidad del mismo no es posible usar cimentación superficial se valoran otros tipos de cimentaciones.

Hay dos tipos fundamentales de cimentación: superficiales y profundas.

#### Cimentaciones superficiales

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. En este tipo de cimentación, la carga se reparte en un plano de apoyo horizontal.

En estructuras importantes, tales como puentes, las cimentaciones, incluso las superficiales, se apoyan a suficiente profundidad como para garantizar que no se produzcan deterioros. Las cimentaciones superficiales se clasifican en:

- Cimentaciones ciclópeas.
- Zapatas.
  - Zapatas aisladas.
  - Zapatas corridas.
- Plateas de cimentación.

#### Cimentaciones ciclópeas

En terrenos cohesivos donde la zanja pueda hacerse con paramentos verticales y sin desprendimientos de tierra, el cimiento de concreto ciclópeo (hormigón) es sencillo y económico. El procedimiento para su construcción consiste en ir

vaciando dentro de la zanja piedras de diferentes tamaños al tiempo que se vierte la mezcla de concreto en proporción 1:3:5, procurando mezclar perfectamente el concreto con las piedras, de tal forma que se evite la continuidad en sus juntas. El hormigón ciclópeo se realiza añadiendo piedras más o menos grandes a medida que se va colocando el concreto para economizar material. Utilizando este sistema, se puede emplear piedra más pequeña que en los cimientos de mampostería hormigonada. La técnica del hormigón ciclópeo consiste en lanzar las piedras desde el punto más alto de la zanja sobre el hormigón en masa, que se depositará en el cimiento. Precauciones:

- Tratar que las piedras no estén en contacto con la pared de la zanja.
- Que las piedras no queden amontonadas.
- Alternar en capas el hormigón y las piedras.
- Cada piedra debe quedar totalmente envuelta por el hormigón.

### **Zapatas aisladas**

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son los pilares; de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite. El término zapata aislada se debe a que se usa para asentar un único pilar, de ahí el nombre de aislada. Es el tipo de zapata más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar es excesivo no son adecuadas y en su lugar deben emplearse zapatas combinadas o zapatas corridas en las que se asienten más de un pilar. La zapata aislada no necesita junta pues al estar empotrada en el terreno no se ve afectada por los cambios térmicos, aunque en las estructuras sí que es normal además de aconsejable poner una junta cada 30 m aproximadamente, en estos casos la zapata se calcula como si sobre ella solo recayese un único pilar. Una variante de la zapata aislada aparece en edificios con junta de dilatación y en este caso se denomina "zapata bajo pilar en junta de diapasón".

En el cálculo de las presiones ejercidas por la zapata debe tenerse en cuenta además del peso del edificio y las sobrecargas, el peso de la propia zapata y de las tierras que descansan sobre sus vuelos, estas dos últimas cargas tienen un

efecto desfavorable respecto al hundimiento. Por otra parte en el cálculo de vuelco, donde el peso propio de la zapata y las tierras sobre ellas tienen un efecto favorable.

Para construir una zapata aislada deben independizarse los cimientos y las estructuras de los edificios ubicados en terrenos de naturaleza heterogénea, o con discontinuidades, para que las diferentes partes del edificio tengan cimentaciones estables. Conviene que las instalaciones del edificio estén sobre el plano de los cimientos, sin cortar zapatas ni riostras. Para todo tipo de zapata, el plano de apoyo de la misma debe quedar empotrado 1 dm en el estrato del terreno.

La profundidad del plano de apoyo se fija basándose en el informe geotécnico, sin alterar el comportamiento del terreno bajo el cimiento, a causa de las variaciones del nivel freático o por posibles riesgos debidos a las heladas. Es conveniente llegar a una profundidad mínima por debajo de la cota superficial de 50 u 80 cm. en aquellas zonas afectadas por estas variables. En el caso en que el edificio tenga una junta estructural con soporte duplicado (dos pilares), se efectúa una sola zapata para los dos soportes. Conviene utilizar hormigón de consistencia plástica, con áridos de tamaño alrededor de 40 mm. En la ejecución, y antes de echar el concreto, disponer en el fondo una capa de concreto pobre de aproximadamente 10 cm de espesor (concreto de limpieza), antes de colocar las armaduras. Las zapatas tienen concreto.

### **Zapatas corridas**

Las zapatas corridas se emplean para cimentar muros portantes, o hileras de pilares. Estructuralmente funcionan como viga flotante que recibe cargas lineales o puntuales separadas.

Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal. Las zapatas corridas están indicadas como cimentación de un elemento estructural longitudinalmente continuo, como un muro, en el que pretendemos los asientos en el terreno. También este tipo de cimentación hace de arriostramiento, puede reducir la presión sobre el terreno y puede puentear defectos y heterogeneidades en el terreno. Otro caso en el que resultan útiles es cuando se requerirían muchas zapatas aisladas próximas, resultando más sencillo realizar una zapata corrida.

Las zapatas corridas se aplican normalmente a muros. Pueden tener sección rectangular, escalonada o estrechada cónicamente. Sus dimensiones están en relación con la carga que han de soportar, la resistencia a la compresión del material y la presión admisible sobre el terreno. Por practicidad se adopta una altura mínima para los cimientos de hormigón de 30 cm aproximadamente. Si las alturas son mayores se les da una forma escalonada teniendo en cuenta el ángulo de reparto de las presiones.

Si los trabajos de cimentación debieran interrumpirse, se recomienda cortar en escalones la junta vertical para lograr una correcta unión con el tramo siguiente. Asimismo colocar unos hierros de armadura reforzará esta unión.

### **Platea de cimentación**

Una platea de cimentación es una placa flotante apoyada directamente sobre el terreno. Como losa está sometida principalmente a esfuerzos de flexión. El espesor de la losa será proporcional a los momentos flectores actuantes sobre la misma.

Se usa este tipo de cimentación cuando el número de pisos, o el peso de la edificación, son altos, para la baja capacidad portante del suelo. También cuando el área de cimiento requerido es mayor o igual al 50 % del área del terreno de la edificación. También se le usa como solución a edificaciones con sótanos, en las que el nivel freático constituye un problema por la filtración de agua. En este caso hay que colocar platea con muros de contención y aditivos para evitar el paso del agua al sótano. Consiste en una losa de concreto, armada en ambas direcciones y colocada en ambos lechos, superior e inferior

### **Cimentaciones profundas**

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Deben ubicarse más profundamente, para poder distribuir sobre una gran área, un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

- Pilotes: son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes *de desplazamiento* prefabricados) o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno (pilotes *de extracción* ejecutados *in situ*). Antiguamente eran de madera, hasta que en los años 1940 comenzó a emplearse el concreto.
- Pantallas: es necesario anclar el muro al terreno.
  - pantallas isostáticas: con una línea de anclajes
  - pantallas hiperestáticas: dos o más líneas de anclajes.

### 1.1.3 Napa freática

Las aguas subterráneas son el agua situada por debajo de la superficie del suelo en los espacios porosos del suelo y en las fracturas de las formaciones rocosas. Una unidad de roca o un depósito no consolidado se denomina Acuífero cuando se puede producir una cantidad de agua utilizable.

La profundidad a la que los espacios de los poros del suelo o las fracturas y los vacíos en la roca a ser completamente saturados de agua se llama napa freática. El agua subterránea es recargada de, y eventualmente fluye hacia la superficie natural, la descarga natural a menudo se filtra, y se pueden formar los oasis o los humedales. Las aguas subterráneas también son a menudo extraídas para usos agrícolas, municipales e industriales mediante la construcción y operación de pozos de extracción.

## 1.2 Condiciones del terreno

Como es del conocimiento de los ingenieros civiles, la presencia de agua en terrenos puede perjudicar la cimentación de estructuras y dificulta la ejecución de dicha partida. Es por ello que se genera un reto al trabajar con dichas condiciones.

Por otro lado, se conoce que el agua subterránea juega un papel muy importante en el comportamiento mecánico del suelo. El acuífero de Lima metropolitana está constituido por materiales aluviales y deltaicos (gravas, arenas, limos y arcillas), sobre terrenos no muy permeables de naturaleza volcánico-sedimentaria y granítica. La extensión del acuífero es de 260 km<sup>2</sup>, su espesor máximo no es conocido, estimándose entre 400m a 500 m.

La presencia de agua cerca de la superficie del terreno, con características permanente u ocasional, tiene una gran influencia en la física del suelo al alterar las características del terreno tales como la resistencia al corte, la compresibilidad, esponjamiento, etc. Por ello, para cualquier obra que se funde en los materiales aluviales, se debe tener en cuenta las características de las aguas subterráneas, como profundidad del nivel freático y amplitud de sus variaciones, contenido de humedad y permeabilidad de las formaciones acuíferas y la salinidad y composición química de las aguas, a fin de que se tomen las medidas constructivas más adecuadas porque cada tipo de construcción amerita un sistema especial de drenaje.

**Y este caso lo podemos evidenciar en el proyecto "CIUDAD VERDE"**, terreno de aproximadamente 30,000 m<sup>2</sup> ubicado en el kilómetro 28 de la carretera Panamericana Norte, en el distrito de Puente Piedra, provincia y departamento de Lima; donde se prevé construir un conjunto de edificios de 5 y 9 pisos de altura.

El terreno presenta una superficie sensiblemente plana y es utilizado para fines de cultivo (predomina los suelos orgánicos, limo y arcilla), por tal motivo en su perímetro escurre una acequia de la cual se aprovechan sus aguas para el sembrío.

Y si a esto le sumamos la estación de lluvias en los meses de verano, la acequia incrementa su caudal y nutre el agua subterránea del terreno en mención, la cual puede encontrarse hasta a 30 cm de profundidad.



## **CAPÍTULO II : ALTERNATIVAS PARA CIMENTACIÓN EN TERRENOS CON NAPA FREÁTICA ALTA**

### **2.1 Propuestas planteadas para cimentar los edificios en terreno con napa freática alta:**

Realizar un mejoramiento del suelo fue una de las tareas propuestas por la inmobiliaria "Paz Centenario" para poder, de esta manera, cimentar sin correr el riesgo que el agua afecta la superestructura o al menos menguar los daños que pueda ocasionar el agua subterránea.

Para el mejoramiento del terreno se plantearon cuatro propuestas:

- 1.- Combinación suelo cemento
- 2.- Concreto fluido
- 3.- Concreto ciclópeo
- 4.- Pilotes protegidos

A continuación describiremos cada una de ellas:

#### **2.1.1 Combinación suelo cemento**

La idea de combinar suelo y cemento no es reciente: Puede decirse que los primeros intentos fueron realizados en la década del 10. Muchos esfuerzos fueron hechos desde ese entonces para combinar suelo y cemento y producir un material de pavimentación de bajo costo. Estos esfuerzos dieron resultados diversos, pero ninguno de ellos estableció métodos de construcción y control que aseguraran resultados predecibles.

En los comienzos del año 1935 la Portland Cement Association de Norteamérica, formuló un programa de investigaciones y pruebas para determinar si los principios básicos, que controlan las mezclas de suelo y cemento, podrían ser determinados de modo que un pavimento de este tipo pudiera ser construida basándose en factores predecibles de procedimientos de ensayo, control de

construcción y comportamiento. Esta investigación, que suele citarse como modelo de investigación

para el empleo de un nuevo material de la construcción, llegó a la conclusión que para obtener suelo – cemento estable y durable una vez compactado, es necesario, además de lograr una mezcla íntima y uniforme de los materiales:

1. Llevar la mezcla a la humedad óptima necesaria para los equipos de compactación comunes.
2. Compactar a densidad máxima.
3. Contribuir con una proporción de cemento tal que las pérdidas de peso, por desintegración y los cambios de volumen y humedad, fueron prácticamente despreciables después de doce ciclos de los ensayos de humedecimiento y secado y de congelación y deshielo, denominados de durabilidad. La estabilización de suelos tiende, en general, hacia la utilización, en gran escala, de los materiales locales y en especial del material del camino.

El agotamiento de los yacimientos de materiales granulares, los altos costos de los materiales pétreos comerciales y sus largos y onerosos transportes, influyen para encarecer las denominadas estabilizaciones granulométricas en comparación con la clasificadas como físico – químicas, dentro de las cuales el suelo – cemento ha alcanzado su mayoría de edad. Definimos como suelo – cemento a una mezcla compactada de suelo pulverizada, cemento y agua que da lugar, después de la hidratación del cemento, a un material estable y durable, cuando se han cumplido los requisitos establecidos por los ensayos de humedecimiento y secado (IRAM 10524) y de congelamiento y deshielo (IRAM 10514) y el criterio de pérdidas de peso admisibles, fijado por la Portland Cement Association.

Como novedades, en pavimentos de suelo – cemento, pueden citarse su utilización como bases para servicio de cargas pesadas y la investigación realizada para llegar a un procedimiento teórico experimental para el diseño de sus espesores. En este artículo nos referiremos al empleo de bases de suelo – cemento de gran espesor que se ha hecho. Frecuente en instalaciones para cargas pesadas, como son las playas para el acopio de contenedores, o grandes troncos de zonas de explotación de bosques, y los caminos de acceso a las mismas.

Recientes relevamientos de bases de suelo cemento, que están prestando estos servicios en los EEUU y Canadá, aportan interesantes informaciones sobre materiales, construcción, conservación y costos constructivos y comportamiento, las que han permitido sacar conclusiones en cuanto a espesores prácticos en relación con los obtenidos por los métodos de diseño desarrollados.

**Cuadro N° 01: Densidad para bases Suelo - Cemento**

UBICACIÓN	DESTINO	ESPESOR (cm)		Contenido	Densidad	Substrato	Carga	N° aplicaciones (mitos)		
		Base estabilizada	Carpeta asfáltica	de cemento (% peso)	de compactación (N/m <sup>3</sup> )					
Lynterm	Contenedores	38	5	7	32.3	2432	15	Grava Arenosa	11.4	45
Vanterm		46	3.8	8	17.4	2368	15		12.7	350
Seaboard		22	5	7	14.6	2368	15		4.5	90
Frazer		20	5	6	20	2400	9	Arena	4.5	24
Caytve	Playa Trancos	36	0	8	29	2384	6	Arcilla Limosa	45.4	90
Sweethome		30.5	7.5	5	11	2176	2	Limo Arcilloso	36.8	30
Tamco		30.5	7.5	5	16.7	2304	40	Arenay grava	36.9	
Bauman		30.5	9	5	11.7	2304	5	Limo Arcilloso	36.8	10
Foster		30.5	12.5	5	14.4	2304	4	Limo Arcilloso	36.8	36
Cascade		46	7.5	8	9.2	2080	8	Grava Arenosa	36.8	48

En la planilla que se acompaña se dan los datos que corresponden a las bases de suelo = cemento para cargas pesadas. Para calcular los espesores teóricos de las bases de cada obra inspeccionada se empleó un método de diseño que consideró las cargas de rueda y el número estimado de sus repeticiones, la tensión de rotura y para determinar el número de cargas admisibles, se empleó una tensión de fatiga en relación con el módulo de rotura. Con esta finalidad y considerando los altos valores de la resistencia a la compresión obtenidos en los testigos extraídos de las bases investigadas, se usa la curva de fatiga del hormigón, en los cálculos para la determinación de los espesores teóricos experimentales. Para la determinación de espesores de obra, con un criterio conservador, se ha considerado que un centímetro de carpeta asfáltica equivale a medio centímetro de base estabilizada.

En ocho de las diez obras los espesores de las bases medidos en obra son iguales o menores que los teóricas calculadas. No obstante el comportamiento observado de todas las bases es bueno. En conclusión los resultados de los reconocimientos y análisis indican que los actuales métodos de diseño para bases de suelo = cemento para cargas pesadas son muy conservadoras y que las bases observan buen comportamiento para esas condiciones.

Suelo cemento o suelo estabilizado con cemento es una mezcla en seco de suelo o tierra con determinadas características granulométricas, cemento Portland y, en su caso, aditivos. A la mezcla se le adiciona una cierta cantidad de agua para su fraguado y posteriormente se compacta.

Regularmente, el porcentaje de cemento portland puede variar entre el 7 al 12% dependiendo del tipo de suelo.

Al producto ya curado o fraguado se le exigen unas determinadas condiciones de alta resistencia al agua (impermeabilidad, insolubilidad), resistencia, durabilidad y apariencia.

Inclusive se presupuestó una mezcla suelo cemento con una relación de 3 bolsas de cemento por cada metro cúbico de tierra, pero el riesgo que se corría era que no se realice una buena mezcla y falle.

### **2.1.2 Concreto fluido**

El relleno fluido es un material auto-compactante de baja resistencia con una consistencia fluida, que es utilizado como un material de relleno económico, como alternativa al relleno granular compactado. El relleno fluido ni es concreto ni es utilizado para reemplazar el concreto. La terminología empleada por el Comité 229 del ACI es Material de Baja Resistencia Controlada (MBRC). Otros términos utilizados para este material son: Relleno sin restricción, Relleno de densidad controlada, mortero fluido o mezcla pobre de relleno.

En términos de su fluidez el asentamiento (reventamiento), tal como se mide para el concreto, es generalmente superior a las 8 pulgadas (200 mm). Es un material auto-compactante y puede ser colocado con un esfuerzo mínimo, además no requiere de vibración o golpes. Endurece como un material fuerte con asentamiento mínimo.

Mientras la definición más amplia incluye los materiales con resistencia a compresión menor que 1200 libras por pulgada cuadrada (8.3 MPa), la mayoría de las aplicaciones emplean mezclas con resistencias inferiores a las 300 libras por pulgada cuadrada (2.1 MPa), La resistencia a mayor edad de un MBRC removible debe estar en el rango de 30 a 200 libras por pulgada cuadrada (0.2 a 1.4 MPa) medida por la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas. Es

importante que la expectativa de una futura excavación del relleno fluido sea previamente establecida cuando se especifica o se ordena el material.

Considerando que el concreto fluido es una mezcla de cemento, arena, agregado, agua y aditivos que posee características de gran trabajabilidad (asentamiento mayor de 8"), auto nivelación, auto compactación y sin contracción. Constituye la alternativa más eficiente a los rellenos convencionales con materiales cohesivos o granulares, pero con niveles de resistencia superiores (10 a 30 kg/cm<sup>2</sup>).

**En el proyecto "CIUDAD VERDE", se planteaba colocar piedras grandes (de 8 a 10 pulgadas) y sobre ellas el concreto fluido para que llene los vacíos y de esta manera darle mayor resistencia al terreno y sobre él, poder cimentar.**

El relleno fluido es una alternativa económica al relleno granular compactado, considerando los ahorros en fuerza de trabajo, equipos y tiempo. Partiendo de que no necesita compactación manual, el ancho de la zanja o el tamaño de excavación es significativamente menor. La colocación del relleno fluido no requiere de personas dentro de la excavación, lo que representa un significativo grado de seguridad. El MBRC es además una solución excelente para el relleno de áreas inaccesibles, tales como tanques subterráneos donde el relleno compactado no puede ser colocado.

Usos del relleno fluido:

- Bases y sub-bases para carreteras y pavimentos
- Rellenos de zanjas para la instalación de toda clase de tuberías
- Construcción de terraplenes
- Rellenos en general
- Relleno de depósitos de desechos tóxicos
- Construcción de plataformas para el desplante de viviendas y firmes
- Relleno de cavernas
- Construcción de pendientes en azoteas
- Nivelación de azoteas, entresijos y terrenos

### Ventajas:

- Es la opción para sustituir rellenos compactados de materiales granulares
- Reduce el volumen de material a excavar al requerir un menor ancho de zanja para la colocación de tubos, en general
- Permite reducir el costo de excavaciones y relleno comparativamente con el sistema tradicional
- Su elevada fluidez permite colocarlo en zanjas estrechas llenando todos los espacios
- Resistente y durable con respecto a material granular
- Fácil de colocar
- No requiere compactación ni vibrado para obtener sus propiedades mecánicas
- No requiere ser colocado en capas
- Reduce la mano de obra en trabajos de relleno
- Por su versatilidad en sus propiedades de fraguado y resistencia agiliza las actividades del programa de obra reduciendo los tiempos
- Requiere menos supervisión
- Disponible en cualquier zona
- Permite una rápida apertura al tráfico
- Permite construir en cualquier condición climática
- **Puede ser excavado (recomendable sólo hasta  $f'c=14g\text{ kg/cm}^2$ )**
- No requiere curado.
- Fácil de bombear.
- Fácil de excavar.
- No hay limitaciones en cuanto al espesor de relleno.
- No es necesario hacer controles de densidad de campo.
- Es autonivelante y con gran capacidad de desplazamiento longitudinal.

**Cuadro N° 02: Especificaciones del relleno fluido**

RELLENO FLUIDO DE BAJA RESISTENCIA		
TIPO DE CONCRETO	CONVENCIONAL	UNIDAD
Resistencia de especificaciones	10, 20, 30	kg/cm <sup>2</sup>
Edades de verificación de resistencia f'c	28	Días
Tamaño máximo de agregado	Huso 89 ASTM = 1/2	Pulgadas
tiempo de manejabilidad desde la llegada a la obra	1.5	Horas
Asentamiento de diseño	de 8 a 12	Pulgadas
Tiempos de fraguado inicial desde la salida de la planta	2.5	Horas
Peso Unitario	de 1800 a 2200	kg/m <sup>3</sup>

### 2.1.3 Concreto ciclópeo

Es el concreto simple en cuya masa se incorporan grandes piedras; y q no contiene armadura.

Es aquel que está complementado con piedras de tamaño máximo, de 10" cubriendo hasta el 30 %, como máximo del volumen total; éstas deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple.

El concreto ciclópeo no se considera concreto estructural.

El volumen máximo de piedra será del treinta (30) por ciento del volumen total del concreto ciclópeo. Los fragmentos de roca que se utilicen en el concreto ciclópeo para cimentaciones deberán estar limpias, sin rajaduras y pesar como mínimo treinta (30) kg, con excepción de las que se utilicen para acuñar, estarán limpios y exentos de costras. Cuando las superficies presenten materia extraña que reduzca la adherencia, se limpiarán o lavarán. Se rechazarán aquellos fragmentos que tengan grasas, aceites o si las materias extrañas no pueden ser removidas. Todos los fragmentos de roca se mojarán previamente a su utilización y se colocarán con cuidado, sin dejarlas caer para evitar que dañen los moldes o el concreto fresco adyacente. En caso de que las piedras presenten planos dominantes de estratificación, se colocarán de manera que los esfuerzos

se desarrollen a la normal a dichos planos. El espacio mínimo libre entre piedras será de quince (15) cm, entre las piedras y los paramentos no menor de diez (10) cm y abajo del coronamiento de un elemento estructural, no menor de treinta (30) cm, salvo que el proyecto indique otra cosa. Con objeto de obtener un concreto ciclópeo homogéneo y uniforme, será conveniente llevar a cabo el siguiente procedimiento:

Se vaciará una primera capa de concreto hidráulico de aproximadamente quince (15) centímetros de espesor. Se procederá a colocar las piedras distribuidas uniformemente hasta cubrir un treinta (30) por ciento del área de la cepa, procurando que queden parcialmente dentro de la capa de concreto hidráulico. Se colocará una segunda capa de concreto hidráulico de aproximadamente quince (15) cm de espesor, teniendo cuidado que queden cubiertas las piedras ya colocadas. Se repetirán las operaciones anteriores hasta llegar al enrase o nivel fijado en el proyecto, que deberá ser acabado con concreto hidráulico.

Este concreto cuya resistencia es de 100 kg/cm<sup>2</sup> fue la que finalmente se contempló en el proyecto porque la Contratista, tuvo malas experiencias con la utilización de la mezcla suelo = cemento y no querían arriesgarse.

#### **2.1.4 Pilotes protegidos**

Son elementos estructurales alargados, elaborados con concreto reforzado o presforzado, cuya sección tiene diámetro o lado menor generalmente es igual o inferior a sesenta (60) centímetros, que son perforados vaciados in-situ (terratest) para la cimentación profunda de estructuras, con el objeto de transmitir las cargas de la superestructura al subsuelo.

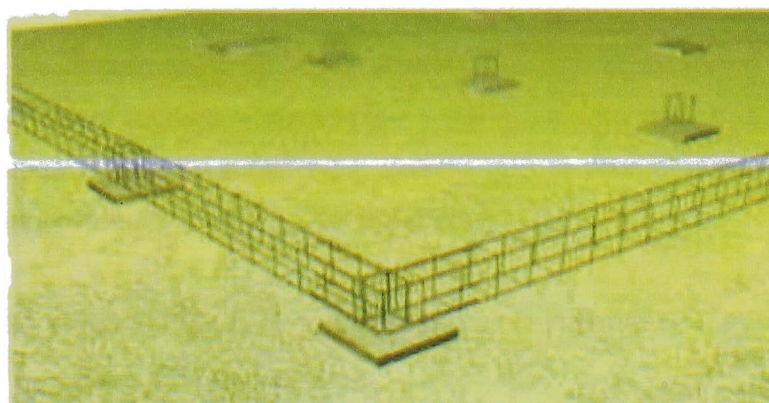
La superficie donde se hincarán los pilotes estará libre de basura, escombros, hierba, arbustos o restos de construcciones anteriores. Previo al hincado de los pilotes los sitios de perforación se ubicarán de acuerdo con lo establecido en el proyecto. El terreno estará nivelado con una superficie sensiblemente horizontal. Si la pendiente del terreno dificulta el hincado, los trabajos se realizarán de forma escalonada, haciendo plataformas conforme se eleve el terreno. No se aceptarán los pilotes que presenten oquedades, porosidades u otros defectos del colado.



Las pruebas de carga se harán al número de pilotes siguiendo las recomendaciones que indique el proyecto.

A menos que el proyecto indique otra cosa, se hará una perforación previa al hincado de los pilotes, con el objeto de servir de guía o facilitar para alcanzar los estratos resistentes o evitar movimientos excesivos en la masa de suelo adyacente. El diámetro de la perforación será menor que el diámetro del pilote o que la dimensión transversal menor del mismo.

En el caso de terrenos con exceso de humedad (napa freática superficial), la cimentación tenderá a absorber el agua por capilaridad, afectando posiblemente al sobrecimiento en caso de plateas de cimentación. La solución es cimentar sobre pilotes de concreto impermeable, sobre la cual se materializa la platea de cimentación.



**Figura N°1: Cimentación continua, pilotes de concreto con vigas de cimentación.**



**Figura N° 02: Esquema de uso de pilotes impermeabilizados**

### 2.1.5 Comparación de precios de los cuatro sistemas planteados

Muchas de las decisiones para elegir el procedimiento constructivo correcto, se basa en el análisis técnico – económico y generalmente de todas las técnicas viables se elige a la más económica, puesto que el promotor necesita reducir gastos para incrementar la utilidad del proyecto.

Para describir mejor lo mencionado se presenta el siguiente cuadro resumen:

**Cuadro N° 03: Comparación de precios de sistemas de cimentación**

	COMBINACIÓN SUELO CEMENTO	CONCRETO FLUÍDO $f'c=30\text{kg/cm}^2$	CONCRETO CICLÓPEO $f'c=100\text{kg/cm}^2$	PILOTES PROTEGIDOS
EMPRESA	UNICON	UNICON	UNICON	PILOTES TERRATEST
COTIZACIÓN	S/. 85.50 x m <sup>3</sup>	S/. 260 x m <sup>3</sup>	S/. 260 x m <sup>3</sup>	S/.560 X ml
METRADO	9860 m <sup>3</sup>	9860 m <sup>3</sup>	9860 m <sup>3</sup>	5500 ml
TOTAL	S/. 843,030.00	S/. 2,563,600.00	S/. 2,563,600.00	S/. 3,080,000.00

De las cuatro alternativas propuestas, notamos que la más económica es la de **"Combinación suelo cemento"**, con un precio de **S/. 85.50** por m<sup>3</sup>, esta alternativa fue elegida por el promotor pero descartada por la empresa contratista **"URBANA"** proveniente de Colombia y alegaron que tienen malas experiencias trabajando con esa técnica.

La alternativa más costosa fue la de emplear **"Pilotes Protegidos"**, la cual fue descartada por el promotor debido a lo elevado de la cotización.

Al descartar las **"Combinación suelo cemento"** y **"Pilotes Protegidos"**, quedaron dos alternativas:

- Concreto fluido
- Concreto ciclópeo

Ambas alternativas cuyo proveedor es UNICON mantienen igual precio unitario de S/. 260 por m<sup>3</sup>, pero con el concreto fluido solo se obtenía de resistencia 30 kg/cm<sup>2</sup>, en cambio con el concreto ciclópeo se obtenía una resistencia de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

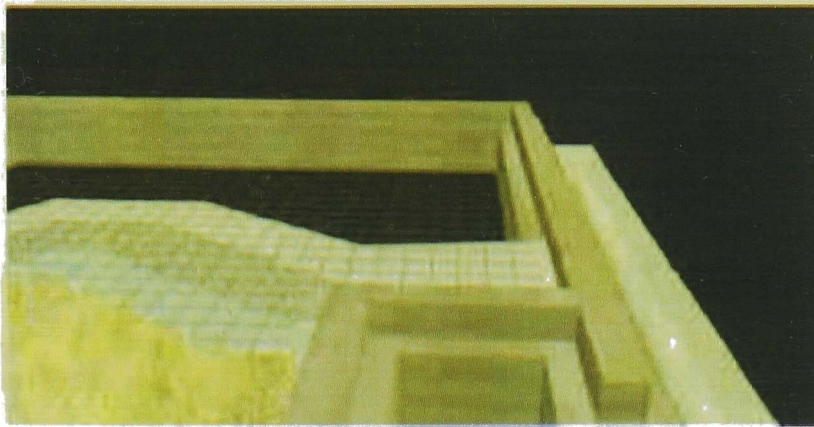
Por lo cual se optó por emplear concreto ciclópeo  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>, A pesar que con el concreto fluido la profundidad de cimentación sería menor.

### **2.1.6 Desvío de agua por medio de zanjas**

Si la vivienda se encuentra emplazada en un terreno con presencia de agua superficial en zona lluviosa y con pendiente pronunciada, el agua puede socavar las cimentaciones, lo que hace necesario proteger la cimentación construyendo zanjas para desviar las aguas.

### **2.1.7 Recolección de agua por tuberías perforadas**

En otros casos, será necesario el empleo de drenes, sellos para evitar el acceso del agua por capilaridad. En el caso de la construcción en madera, siempre se debe considerar el tratamiento de impregnación de toda madera que se encuentre en contacto con el concreto.



**Figura N° 3: Tubo de P.V.C perforado adyacente al cimiento y que colecta las aguas, evacuándolas al punto más bajo.**

## CAPÍTULO III : CIMENTACIÓN DEL CONDOMINIO “CIUDAD VERDE”

### 3.1 Ubicación

Puente Piedra – Km. 27 de la Panamericana Norte, referencia (frente a la escuela de Sub-Oficiales de la Policía Nacional del Perú.



**Figura N° 04: Ubicación del proyecto**

El programa de exploración en campo llevado a cabo comprendió los siguientes trabajos:

- 2 perforaciones rotativas, las cuales alcanzaron profundidades iguales a 8.10 y 6.20 m con respecto al nivel de la superficie del terreno, respectivamente; las cuales fueron ejecutadas con una máquina de perforación diamantina.
- 31 calicatas excavadas en forma manual hasta profundidades comprendidas entre 1.00 y 2.50 m con respecto a la superficie actual del terreno, La

profundidad de las calicatas estuvo controlada por la presencia del nivel freático cercano a la superficie del terreno. Algunas de las calicatas se complementaron bajo el nivel freático con perforaciones manuales tipo iwan auger.

### **3.2 Perfil del suelo**

El perfil del suelo registrado en las perforaciones y calicatas está conformado por una capa superior de suelos finos de baja resistencia de espesor variable entre 0.30 y 2.00 m, constituida por estratos intercalados de espesores variables de:

- Arcilla limosa, de plasticidad media a alta, blanda a medianamente compacta;
- Arcilla limosa, de plasticidad baja, blanda a medianamente compacta;
- Limo arcilloso, de plasticidad media a alta, blando a medianamente compacto;
- Arena fina, con contenido variable de limo y arcilla, medianamente densa; y
- Suelos orgánicos y turba: limos y arcillas de plasticidad media a alta, blandos a Medianamente compactos, con abundantes raíces.

A continuación, subyace un posible depósito de grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, con piedras y bolones redondeados de 10 pulgadas de tamaño máximo, que se extiende hasta el límite de la profundidad investigada (8.10 m de profundidad en las perforaciones).

Solo en una calicata se registró un lente de arcilla de 0.10 m de espesor, a 0.60 m de profundidad, entre el depósito de grava arenosa.

En las perforaciones y calicatas se registró nivel freático a profundidades comprendidas entre 0.30 y 1.50 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno. En la Lámina No M35601-1 se indica la profundidad a la cual se registró la napa freática en cada punto.

### **3.3 Recomendaciones para la Cimentación según el estudio de mecánica de suelos**

- Tipo de cimentación: convencional por medio de zapatas y/o cimientos corridos.
- Material sobre el cual debe apoyarse la cimentación: grava arenosa.

- Profundidad mínima de cimentación:  $D_f \text{ min} = 1.60 \text{ m}$  con respecto al nivel de la Superficie actual del terreno.
- Presión admisible:  $q_a = 2.00 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Tipo de suelo según la Norma Técnica de Edificación E030: Diseño Sismorresistente = S1.
- Factor de suelo  $T_p = 1.0$ .
- Período Predominante de vibración = 0.4 seg.
- Durante las excavaciones para la cimentación deberá verificarse que se sobrepase la capa superior de suelos finos (arcillas, limos y arenas) y que la base de la cimentación penetre por lo menos 0.30 m en el depósito natural de grava arenosa. Las sobre excavaciones necesarias para cumplir con este requisito deberán rellenarse con concreto pobre ciclópeo ( $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ ). Deberá prestarse especial cuidado en los alrededores de la perforación y las calicatas, donde la grava arenosa se encontró a mayor profundidad.
- En cualquier caso para alcanzar la profundidad de cimentación pueden utilizarse falsos cimientos de concreto pobre ciclópeo.
- Debe tenerse en cuenta que la napa freática se encontró entre 0.30 y 1.50 m de profundidad y puede sufrir fluctuaciones. En el proceso constructivo puede considerarse deprimir la napa freática para construir la cimentación en seco o alternativamente, considerar vaciados de concreto bajo agua.

### **3.4 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LOS RELLENOS MIXTOS DE BAJA RESISTENCIA CONTROLADA**

- Los antecedentes de los rellenos fluidos cementados mixtos de baja resistencia controlada residen en los concretos ciclópeos clásicos donde se empleaban concretos convencionales especificados en resistencias del orden de  $50 \text{ kg/cm}^2$  a  $80 \text{ kg/cm}^2$  en que se embutían por capas rocas redondeadas denominadas "piedra de río" en cantidad de hasta 30% del volumen total y con Tamaño Máximo de hasta 12".
- Esta técnica ha sido muy común durante muchos años para construir falsas zapatas económicas a fin de llegar a profundidades de cimentación de gran espesor.

- En la práctica el proceso constructivo con este material es lento y poco eficiente dado que la consistencia del concreto convencional con slump entre 4" a 6" y peso unitario bastante similar con el de las rocas colocadas manualmente no facilita que estas se introduzcan en la masa, resultando en que se coloca normalmente menos del 30% especificado, resultando finalmente un concreto ciclópeo sobredimensionado en resistencia por el aporte significativo de las rocas en relación a las presiones admisibles usuales en los suelos.
- En la década de los años 90 se desarrolla la tecnología de los Rellenos Fluidos de Baja Resistencia Controlada, adjuntándose en el Anexo A el reporte ACI 22R-99 (Re-aprobado en 2005) "Low Strength Controlled Materials", donde se detallan las características de estos rellenos cementicios autocompactantes, con alto contenido de finos y resistencias en el rango usual de 3.0 kg/cm<sup>2</sup> a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, para emplearse como reemplazo de los rellenos granulares convencionales usando material de préstamo compactado por capas.
- Si bien una alternativa es el empleo de estos materiales en el espesor total a rellenar, otra posibilidad es la variante de los Rellenos Mixtos de Baja Resistencia Controlada donde se emplea un relleno fluido de baja resistencia controlada y se le incluye agregado grueso de tamaño apreciable en la fase de producción en planta o adicionándolo por capas en el proceso constructivo, de manera similar al caso del concreto ciclópeo, pero con resultados mucho más eficientes.
- La gran diferencia en comportamiento reside en que el relleno fluido autocompactante tiene un peso unitario no mayor de 2,000 kg/m<sup>3</sup>, al tratarse de agregado fino con bajo contenido de cemento y aditivos incorporadores de aire vs el de las rocas que es del orden de 2,500 kg/m<sup>3</sup> y en consecuencia se embuten por su peso propio en la masa, pudiendo colocarse masivamente con equipo mecánico en vez de hacerlo manualmente.
- Por otro lado, se ha encontrado que al emplearse rocas de tamaño máximo en el rango de 4" a 6", ello permite incorporarlas en la masa en



una cantidad de hasta 50% del volumen total dado el volumen de vacíos existentes para estas piedras en condición compactada en seco que es del orden del 52%, mejorando la eficiencia y productividad.

### **3.5 Procedimiento del mejoramiento de terreno por medio de concreto ciclópeo.**

La alternativa más costoso pero la más segura para controlar fue la de concreto ciclópeo  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  de piedra grande, este mejoramiento fue propuesto por el Ing. Pasquel, (reconocido por su trayectoria profesional como jefe de investigación de UNICON) y aplicado en obra por la contrata URBANA PERÚ.

El procedimiento empleado fue el siguiente:

- Primero: Teniendo en cuenta que el área de cada platea es de aproximadamente 600 m<sup>2</sup>, se procedía a sectorizar la excavación en áreas de 150 m<sup>2</sup>.
- Segundo: Se excavaba uniformemente hasta llegar a la napa freática.
- Tercero: Una vez encontrada la napa freática, se procedía a excavar en una esquina un área de aproximadamente 8 m<sup>2</sup> unos 80 cm de profundidad.
- Cuarto: En la excavación de la esquina se formaba un pozo, del cual se succionaba el agua por medio de una bomba.
- Quinto: Una vez deprimida la napa, se procedía a excavar hasta llegar al fondo del pozo.
- Sexto: Cuando toda el área tenía la misma cota de fondo de excavación, se volvería a excavar en la esquina y repetir el proceso. Hasta llegar al estrato resistente.
- Séptimo: Cuando la excavación llegaba al estrato resistente, se procedía a colocar plástico en el perímetro, luego a vaciar concreto ciclópeo y finalmente a arrojar las piedras grandes.
- Octavo: El mismo procedimiento se aplicaba para toda el área de la platea.

### 3.6 Cimentación de las estructuras por medio de plateas.

En el condominio “Ciudad Verde”, se construyeron nueve (9) edificios en la primera fase, cinco (5) edificios de cinco (5) pisos cada uno y cuatro (4) edificios de nueve (9) pisos cada uno. En ambos casos se emplearon plateas de cimentación aunque de diferentes dimensiones: las plateas para las torres de 9 pisos tienen un espesor de 35 cm y las plateas para las torres de 5 pisos un espesor de 20 cm. Pero para ambos la resistencia a la compresión fue de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

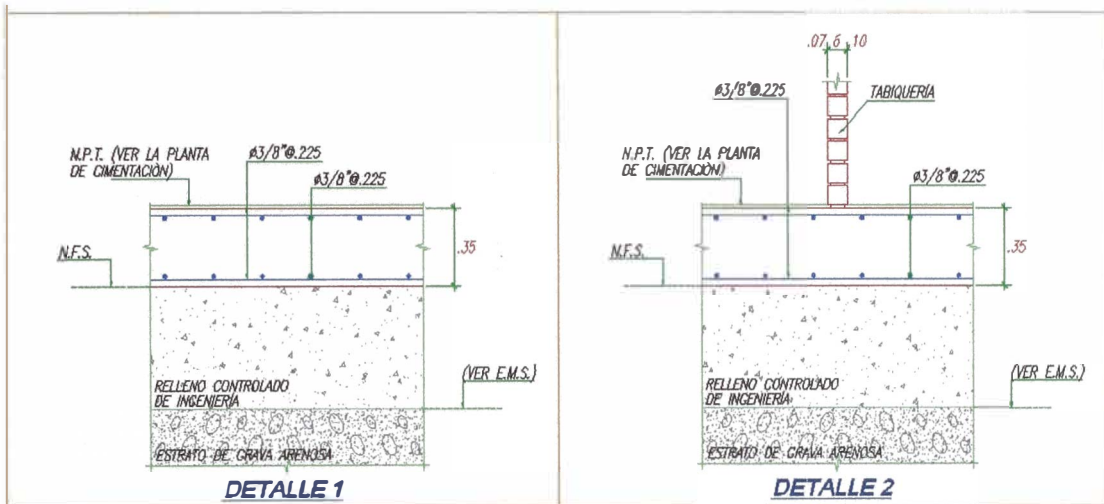


Figura N° 05: Detalles típicos para placa de cimentación edificio de 9 pisos

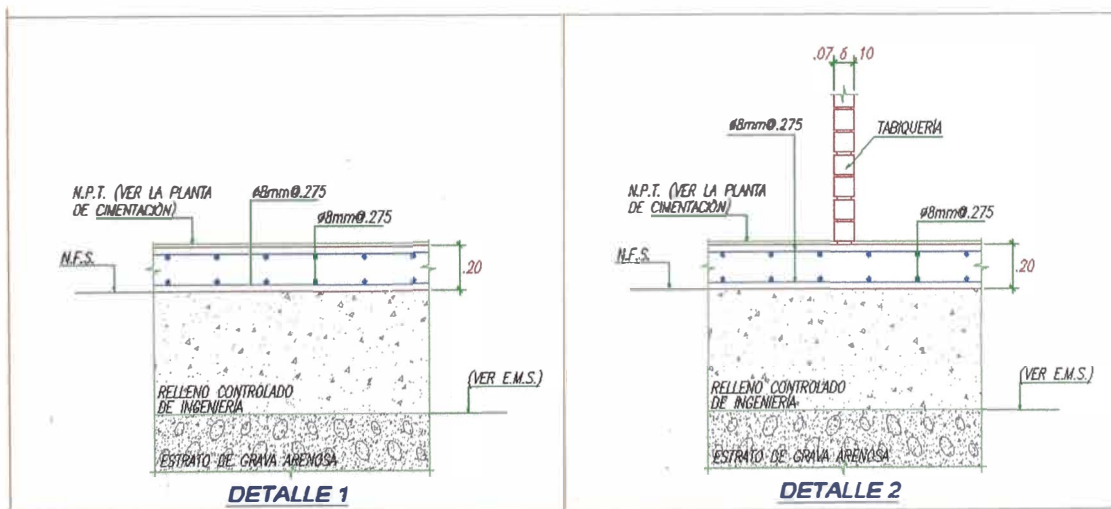


Figura N° 06 Detalles típicos para placa de cimentación edificio de 5 pisos

### **3.7 SISTEMA DE DRENAJE.**

#### **3.7.1 ALCANCE**

Identificar los sistemas de alcantarillado y canal La Cachaza que sigue un alineamiento paralelo a los límites de la Habilitación Urbana

Proponer un sistema de drenaje que permita mantener el nivel de agua sub superficial, 0.50m por debajo del nivel de terreno natural existente al mes de septiembre 2012.

#### **3.7.2 NIVEL DE AGUA**

El origen de los niveles de agua en el área de la futura Habilitación Urbana es el área agrícola aguas arriba de la misma, estimada en alrededor de 500 Has. El nivel de agua de acuerdo a la información obtenida en diciembre 2010

### 3.7.3 SISTEMA DE DRENAJE PROPUESTO

#### Alternativa A

Se propone interceptar el nivel de agua mediante la ejecución de tres líneas de drenaje sustancialmente perpendiculares a la calle A y salidas en los buzones del sistema de alcantarillado proyectado, según el detalle siguiente:

**Cuadro N° 04: Niveles de las líneas de drenaje alternativa "A".**

<b>DRENAJE PUENTE PIEDRA</b>				
<b>HABILITACIÓN URBANA</b>				
<b>Sistema de Drenaje</b>		<b>Línea 3</b>	<b>Línea 2</b>	<b>Línea 1</b>
<b>Sistema de Alcantarillado</b>		<b>Buzón BP 5</b>	<b>Buzón BP 4</b>	<b>Buzón BP 3</b>
<b>NIVELES (m snm)</b>	Según alineamiento P2 -P3	145.50	146.50	147.50
	Según alineamiento P1 - P4: Calle A	144.13	145.20	145.52
	Tapa Buzones	144.13	145.20	145.52
	Inicio Fondo de Mac Dren	145.50	145.00	146.00
	Fin Fondo de Mac Dren	143.00	144.00	144.50
	Pendiente Mac Dren	0.025	0.010	0.015
	Fondo de Buzón	142.448	143.284	143.624

El sistema de drenaje propuesto se diseña de forma tal que se pueda evacuar el caudal o ingreso desde las áreas adyacentes que alimentan el nivel de agua del área de la futura habilitación urbana, estimado en 20 l/s considerando:

- Que el nivel de agua se deprima 0.50m por debajo del nivel de terreno existente
- Un ancho de ingreso de agua de 200m, desde el lado aguas arriba de la futura habilitación urbana.
- Los suelos corresponden a una arena fina limosa de permeabilidad 10 – 5 cm/s.

El sistema de drenaje contempla la utilización de un Geodren, siguiendo el alineamiento de las tres (3) líneas de drenaje proyectadas (ver plano DRENAJE-01).

La rasante o nivel de fondo del Geodren está alrededor de 1.50m de profundidad, de forma tal que pueda mantener el nivel de agua 0.50m por debajo del nivel del terreno existente.

En el plano DRENAJE – 01, se presenta el alineamiento de las tres líneas citadas y los perfiles longitudinales.

El sistema proyectado se conectará con el sistema de alcantarillado como sigue:

- Línea AA: con llegada en el buzón BP3 (nivel 144.50 m s.n.m)
- Línea BB: con llegada en el buzón BP4 144.00 m s.n.m)
- Línea CC: con llegada en el buzón BP5 (143.00 m s.n.m.)

### **Alternativa B**

La alternativa se diferencia de la alternativa A, en que la descarga del agua se realiza en el canal La Cachaza que sigue un alineamiento paralelo a la calle A de la futura habilitación urbana

El sistema proyectado se resume en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 05: Niveles de las líneas de drenaje alternativa "B"**

<b>DRENAJE PUENTE PIEDRA</b>					
<b>HABILITACIÓN URBANA</b>					
<b>Sistema de Drenaje</b>		<b>Perfil 01 (Línea A-B)</b>	<b>Perfil 02 (Línea C-D)</b>	<b>Perfil 03 (Línea A-C-E-F)</b>	<b>Perfil 04 (Línea G-H)</b>
<b>Sistema de Alcantarillado</b>		<b>Legada en Buzón BP 5</b>	<b>Legada en Buzón BP 5</b>	<b>Legada en Buzón BP 7</b>	<b>Legada en intersección con línea C-D</b>
<b>NIVELES</b> <b>(m snm)</b>	Terreno al Inicio del Mac Dren	146.750	145.600	146.500	146.000
	Inicio de Fondo Mac Dren	145.000	144.500	146.000	144.500
	Nivel de Terreno al Fin del Mac Dren	144.000	144.000	144.140 (Fin en punto E)	145.000
	Progresiva Canal La Cachaza	+187.90	+187.90		+288.70
	Tapa de Canal La Cachaza	145.200	144.130		143.911
	Fin de Fondo Mac Dren	143.900	143.750	144.490	143.500
	Fondo de Canal	143.380	143.380		143.000

La rasante o nivel de fondo del Geodren está alrededor de 1.00m de profundidad como máximo del nivel de terreno existente. Esta situación permitiría mantener el nivel de agua alrededor de 0.50 m por debajo del nivel del terreno existente

En los planos DRENAJE 02.1 y DRENAJE 02.2, se presenta el alineamiento de las cuatro líneas citadas y los perfiles longitudinales, respectivamente.

El sistema proyectado se conectará con el canal La Cachaza, como sigue:

- Línea AB: inicio en la esquina superior derecha de la habilitación urbana - nivel de terreno 146.750 m s.n.m. y descarga en la progresiva del canal

Cachaza 0+187.50 y referencia al sistema de alcantarillado con el buzón BP5.

- Línea CD: inicio en el nivel de terreno 146.600 m s.n.m y descarga en la progresiva del canal Cachaza 0+187.50 y referencia al sistema de alcantarillado con el buzón BP5.
- Línea ACEF: inicio en el nivel de terreno 146.500 m s.n.m y descarga en la progresiva del canal Cachaza 0+288.70 y referencia al sistema de alcantarillado con el buzón BP7.
- Línea GH: inicio en el nivel de terreno 146.000 m s.n.m y descarga en la progresiva 0+070 de la línea CD a la cual se conecta.

Se considera que el fondo del dren descarga 0.50m, por encima del fondo del canal bajo la consideración de que el nivel de agua en el mismo no supera este valor.

### 3.7.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ALTERNATIVAS A Y B

Si bien no existen diferencias significativas entre las alternativas propuestas para el drenaje del proyecto. Se podría resumir de la siguiente manera:

Ventajas de la alternativa A:

- Solo se emplearían tres líneas de drenaje y no cuatro como la alternativa B
- La descarga del drenaje sería directa al sistema de alcantarillado proyectado
- Al tener menos líneas de drenaje se reduce el número de interferencias con otros sistemas dentro del proyecto.

Ventajas de la alternativa B:

- Al emplearse cuatro líneas de drenaje el caudal sería menor
- La descarga del drenaje sería al canal existente y no dependería de un futuro sistema de alcantarillado de Sedapal

Al analizar las ventajas de cada una de las alternativas notamos que la alternativa A es la más conveniente puesto que el costo sería menor a la

alternativa B por tener una línea de drenaje menos, así mismo el sistema de drenaje se descargaría al sistema de alcantarillado y no al canal el cual si se haría sería una conexión clandestina.

### 3.7.5 EL SISTEMA MAC DRAIN PROPUESTO

Se propone utilizar el sistema Mac Drain con tubería de PVC, diámetro 200mm., según detalle siguiente:

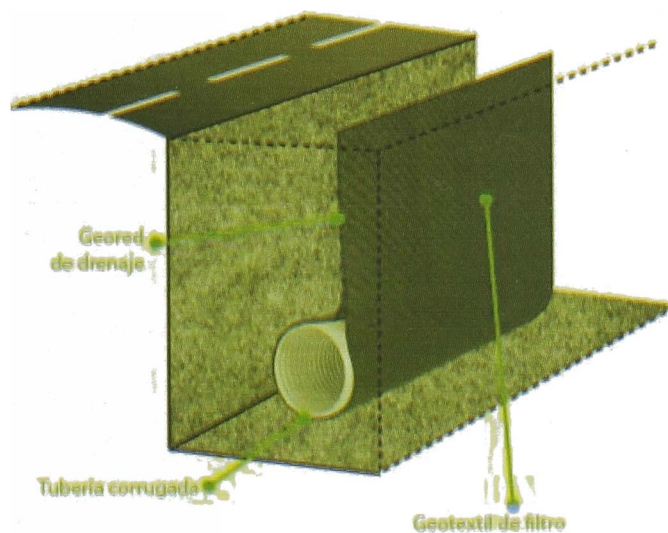


Figura N° 07: Detalle de geodren exteriormente

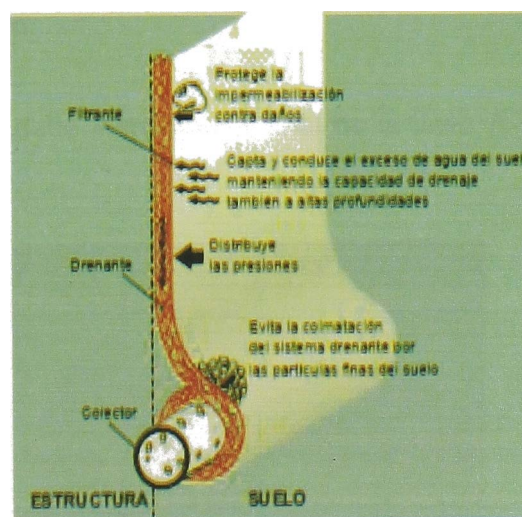


Figura N° 08: Detalle de geodren interiormente



El ancho de excavación de la zanja para la colocación del Mac Drain, es de 0.40m

El relleno de la zanja del geodren se realizará con material que cumpla con la granulometría del cuadro siguiente:

**Cuadro N° 06: Tamices de material de relleno de geodren**

Tamiz	Porcentaje que pasa en cada malla
50.00 mm (2")	100
37.50 mm (1.5")	85-100
25.00 mm (1")	70-95
12.50 mm (1/2")	60-80
4.75 mm (No.4)	40-65
2.00 mm (No.10)	25-50
850.00 µm (No.20)	15-40
420.00 µm (No.40)	5-25
180.00 µm (No.80)	0-6
150.00 µm (No.100)	0-3
75.00 µm (No.200)	0-2

### 3.7.6 COMPUERTA DE NO RETORNO TIPO CHARNELA.

Para la alternativa B, se ha previsto la instalación de dos compuerta tipo CHARNELA con la finalidad de evitar el retorno o inversión del flujo en las líneas de los drenajes proyectados, cuando el nivel de agua en el canal este por encima del fondo del dren.

Una de las compuertas debe instalarse al final de la línea A-B y la segunda al final de la línea C-D.



**Figura N° 09: Compuerta de no retorno tipo charnela**

### **3.7.7 PROVEEDORES DEL SISTEMA DE DRENAJE**

El sistema de drenaje propuesto es distribuido por MACCFERRI y Tecnología de Materiales (TDM).

## CAPITULO IV : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- El presente informe de suficiencia, desarrolla un procedimiento constructivo para la cimentación en terrenos con napa freática alta, **aplicado al condominio "Ciudad Verde"**
- El condominio "Ciudad Verde" se ubica a la altura del km 27 de la panamericana norte. El perfil de terreno contiene suelos arcillosos en la parte superficial y grava a 1.60 m de profundidad.
- Una de las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos fue que la profundidad mínima de excavación sea de 1.60 m, sin embargo en algunas zonas el estrato resistente se encontraba a un metro de la superficie natural del terreno.
- El estudio de mecánica de suelos indicaba presencia de agua entre los 0.30 m y 1.50 m de profundidad, lo cual fue corroborado en campo al realizar la partida de excavación.
- La solución planteada para cimentar fue realizarla mediante el uso de concreto ciclópeo, acompañado de un sistema de drenaje que controlara el nivel de agua subterránea.
- El sistema de drenaje ejecutado permitió mantener el nivel de napa freática a no menos de 50 cm de profundidad.
- El procedimiento de cimentación más económico, es el del concreto ciclópeo el cual fue empleado en la ejecución tanto para las torres de 5 pisos como para las de 9 pisos.
- Cuando la napa freática es alta y no contiene un alto contenido de sales, la mezcla suelo-cemento puede dar resultados favorables al momento de cimentar.
- El concreto fluido se puede emplear para áreas no tan grandes de cimentación y cargas menores puesto que su costo es muy similar al concreto ciclópeo pero de menor resistencia.

- Hemos visto varias alternativas para cimentar en terreno con napa freática alta, y elegir alguno de ellos dependerá de la profundidad del estrato resistente, del material a excavar, la carga a soportar y el costo.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios para identificar de donde proviene el agua subterránea en el terreno a cimentar y si dicho nivel es constante a lo largo del año.
- Se requiere un mayor control al momento de vaciar el concreto ciclópeo puesto que los planos de Estructuras indican que debe utilizarse un 30% de piedra grande, sin embargo este llegaba a 10%.
- Si bien es cierto que en terrenos sumergidos se presentan problemas para construir, se ha demostrado que con un procedimiento práctico y sencillo para deprimir el nivel de la napa freática se puede cimentar, y para controlar el nivel de la napa un sistema de drenaje es eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Das, Braja M. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, primera edición, Editorial Thomson, 2001

Sowers, George F. Sowers, Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones, Autores: Editorial Limusa, 1972

- Terzaghi, Karl, Mecánica de Suelos: En la ingeniería práctica, segunda edición, Editorial Librería "El Ateneo", 1986.

<http://jalayo.blogspot.com/2010/01/resuelne-problema-de-napa-freatica-enhtml>  
(Consultado el 31 de mayo de 2014).