

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **FACTIBILIDAD DEL USO DE ARENA PRODUCTO DE LA EXTRACCION DE NIQUEL EN LA CONSTRUCCION Y FRISADO DE PAREDES DE BLOQUE**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el TSU Vasconcelos P, Agustín R  
Para optar al Título  
de Ingeniero Civil

Caracas, 2014

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **FACTIBILIDAD DEL USO DE ARENA PRODUCTO DE LA EXTRACCION DE NIQUEL EN LA CONSTRUCCION Y FRISADO DE PAREDES DE BLOQUE**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Cesar Peñuela

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el TSU Vasconcelos P, Agustín R  
Para optar al Título  
de Ingeniero Civil

Caracas, 2014

ACTA

El día **5 de Junio del 2014** se reunió el jurado formado por los profesores:

Cesar Peñuela

\_\_\_\_\_  
Nelson Camacho

\_\_\_\_\_  
José Luis Alonso

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"FACTIBILIDAD DEL USO DE ARENA PRODUCTO DE LA EXTRACCION DE NIQUEL EN LA CONSTRUCCION Y FRISADO DE PAREDES DE BLOQUE"**. Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que el Técnico Superior Universitario hizo de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

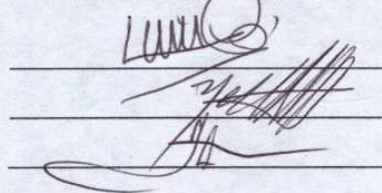
NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
TSU Agustín Rafael Vasconcelos Piñango	20	VEINTE.

Recomendaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIRMAS DEL JURADO

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Caracas, 5 de Junio de 2014

## DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen y a los Santos por permitirme llegar hasta aquí, cuidar y protegerme todos los días.

A aquella parte de la familia que ya no se encuentran entre nosotros, mi padrino Fernando, mis abuelos Cirila, María, Mercedes, Manuel y Enrique y sobre todo a mi mamá Juana Rafaela, donde quieran que estén simplemente esto es para ustedes.

A mi papá Agostinho por siempre estar pendiente de todos en la casa y desvelarse para cuidar de nosotros, además de siempre llevarnos para el galpón o para la parada bien temprano.

A mis hermanas Fátima Coromoto y Maricarmen por estar siempre pendientes y hacer presión para que todo salga bien.

A mi tía Eufracina y a su esposo José por siempre estar pendiente de nosotros en la casa y cuidar de ella cuando no estamos.

A las doctoras Aleyda García y Nancy Requena y al personal del consultorio Mayra Marbella, Mayra Alejandra, Yoli, Zulma por mantenerme en salud.

A la señora Nuvia, Zuly, Mónica y las morochas por siempre acordarse de mí.

A la licenciada Leudith Figuera y a todos los pasantes, Alejandro, Jorge, Cesar, Carlos, Arturo, Funes, Alexmar, Mónica y Mariu con los que compartí en la Biblioteca de Ingeniería Química y Petróleo durante estos años.

A Karina, Briseli, Elineiker, Ysbeli, Fátima y Marilyn por todos su apoyo.

A todos aquellos amigos que al menos fueron estudiantes de la Escuela de Enfermería de la Universidad Central de Venezuela y con los que siempre compartí momentos agradables, Claret, Albanys, Ariana, Dalet, Yosemite, Manlys, Graciela, Greta, José Manuel, Yessenia, María Gabriela, Deborah, Ada, Alejandra, Ailet, Marwy, Silvia, Patricia, Oriana.

Espero no se me haya olvidado nadie, a todos gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Central de Venezuela por permitirme seguir mi formación profesional y haberme permitido realizar este trabajo dentro de sus instalaciones.

Al profesor César Peñuela por haber propuesto este tema y brindar toda la asesoría como tutor de este trabajo.

A la profesora María Itriago por haberme ayudado en buena parte de la redacción de este trabajo.

A las profesoras María Eugenia Korody y Yuri Medina por haber brindado la asesoría en la parte administrativa.

Al personal técnico del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, señores Elione, Bracho, Burgos y René por su ayuda en la realización de los ensayos y al señor Gerardo que siempre estuvo dispuesto a la hora de buscar los materiales.

Al ingeniero Arnaldo González por haber facilitado los sacos de cementos necesarios para la realización de los ensayos.

Al profesor Nelson Camacho por facilitar los moldes para la realización de todas las probetas.

Al profesor Ronald Torres por su valiosa colaboración siempre atento y permitiendo trabajar hasta cuando parecía imposible.

A la licenciada Leudith Figuera por apoyarme en la redacción de este trabajo y también por facilitarme la cámara fotográfica cada vez que la necesite y por su apoyo incondicional.

A Diana, Naiyit y Davian por su compañía en la realización de los ensayos.

A Manuel, Daniel y Joaquín por llevarnos todos los días al terminal y llegar a tiempo para la realización de las pruebas.

A cualquier otra persona que haya colaborado en la realización de este trabajo y que para el momento de escribir no la recuerde.

**Vasconcelos P Agustín R**

**FACTIBILIDAD DEL USO DE ARENA PRODUCTO DE LA EXTRACCION  
DE NIQUEL EN LA CONSTRUCCION Y FRISADO DE PAREDES DE  
BLOQUE**

Tutor Académico: Prof. Cesar Peñuela. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de  
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2014.

**Palabras Claves:** Arena, Níquel, Arena Amarilla, Frisado, Paredes de  
Bloques.

**Resumen:** En el proceso de extracción del Níquel se genera una arena como residuo; dicho residuo en Venezuela tiene poco uso, generando problemas ambientales en las zonas de extracción, haciéndose necesario su aprovechamiento. Actualmente en nuestro país el auge en la construcción de viviendas puede generar que los materiales empleados sean insuficientes; entonces se plantea el uso del material residual como alternativa de material de construcción para sustituir a la arena amarilla, que se comercializa en la actualidad en la elaboración de morteros para la construcción y frisado de paredes de bloque. Para analizar la factibilidad del material se elaboraron una serie de ensayos comparativos empleando ambos materiales. Debido a que los resultados fueron similares dentro de los rangos establecidos con la excepción de la resistencia a la compresión se concluye que el material estudiado resulta factible como alternativa en la elaboración de morteros en la construcción y frisado de paredes de bloque.



## INDICE GENERAL

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
OBJETIVOS.....	3
APORTES.....	4
MARCO TEORICO.....	5
1. Antecedentes.....	5
1.1. Breve reseña histórica del mortero.....	5
1.2. Tipos de mortero.....	5
1.2.1. Mortero de cemento y arena .....	5
1.2.2. Mortero de cal y arena.....	6
1.2.3. Mortero de cemento y cal.....	7
2. Análisis químico de la arena en estudio.....	8
2.1. Composición química del Olivino.....	8
3. Estudios preliminares en arenas.....	10
3.1. Granulometría.....	10
3.2. Pesos unitarios.....	15
3.2.1. Peso unitario suelto.....	15
3.2.2. Peso unitario compacto.....	15
4. Ensayos en morteros.....	19
4.1. Resistencia a la compresión.....	19
4.2. Durabilidad.....	29
4.3. Resistencia al impacto.....	30
4.4. Adherencia.....	33
5. Definiciones.....	34
5.1. Agregado.....	34
5.2. Arena.....	34
5.3. Bloque.....	35
5.4. Friso.....	35
5.5. Mortero.....	35

5.5.1. Cemento.....	36
5.5.2. Cal.....	36
5.5.3. Agua de mezclado.....	37
5.5.4. Agregado fino.....	38
5.6. Olivino.....	38
METODO.....	40
1. Recopilación del material.....	40
2. Elaboración de las probetas .....	40
3. Ensayos de probetas.....	42
4. Obtención de resultados.....	43
RESULTADOS.....	46
1. Granulometría.....	46
2. Pesos Unitarios.....	49
3. Resistencia a la compresión.....	50
4. Durabilidad.....	59
5. Resistencia al impacto.....	70
6. Adherencia.....	75
ANALISIS DE RESULTADOS.....	79
1. Comparación de granulometría.....	79
2. Comparación de pesos unitarios.....	80
3. Comparación de resistencia a la compresión.....	80
4. Comparación de durabilidad.....	84
5. Comparación de resistencia al impacto.....	84
6. Comparación de adherencia.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS.....	93

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición expresada en términos de los compuestos presentes en la arena de olivino.....	8
Tabla 2. Composición elemental de la arena de olivino.....	9
Tabla 3. Composición expresada en términos de óxidos de los metales presentes en la arena de olivino.....	10
Tabla 4. Límites en la granulometría.....	12
Tabla 5. Peso unitario del agua.....	17
Tabla 6. Tolerancias.....	27
Tabla 7. Impurezas tolerables en el agua de mezclado de concreto y morteros.....	37
Tabla 8. Granulometría de la arena amarilla convencional.....	46
Tabla 9. Granulometría de la arena producto de la extracción de Níquel.....	48
Tabla 10. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena amarilla convencional a los 7 días.....	50
Tabla 11. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena amarilla convencional a los 7 días.....	51

Tabla 12. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena amarilla convencional a los 14 días.....	52
Tabla 13. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena amarilla convencional a los 14 días.....	53
Tabla 14. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena amarilla convencional a los 28 días.....	54
Tabla 15. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena amarilla convencional a los 28 días.....	55
Tabla 16. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 7 días.....	56
Tabla 17. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 7 días.....	56
Tabla 18. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 14 días.....	57
Tabla 19. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 14 días.....	57
Tabla 20. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 28 días.....	58
Tabla 21. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 28 días.....	58

Tabla 22. Extracción de muestras de piscina de curado para ensayo de durabilidad del mortero con arena amarilla convencional.....	59
Tabla 23. Primera extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.....	59
Tabla 24. Primera extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.....	60
Tabla 25. Segunda extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.....	60
Tabla 26. Segunda extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.....	61
Tabla 27. Tercera extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.....	61
Tabla 28. Tercera extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.....	62
Tabla 29. Cuarta extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.....	62
Tabla 30. Cuarta extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.....	63
Tabla 31. Quinta extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.....	63

Tabla 32. Quinta extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.....	64
Tabla 33. Extracción de muestras de piscina de curado para ensayo de durabilidad del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	64
Tabla 34. Primera extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	65
Tabla 35. Primera extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	65
Tabla 36. Segunda extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	66
Tabla 37. Segunda extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	66
Tabla 38. Tercera extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	67
Tabla 39. Tercera extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	67
Tabla 40. Cuarta extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	68
Tabla 41. Cuarta extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	68

Tabla 42. Quinta extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	69
Tabla 43. Quinta extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.....	69
Tabla 44. Características físicas de las muestras del mortero de arena amarilla convencional.....	70
Tabla 45. Resistencia al impacto en muestra A del mortero de arena amarilla convencional.....	71
Tabla 46. Resistencia al impacto en muestra B del mortero de arena amarilla convencional.....	71
Tabla 47. Resistencia al impacto en muestra C del mortero de arena amarilla convencional.....	72
Tabla 48. Características físicas de las muestras del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.....	72
Tabla 49. Resistencia al impacto en muestra A del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.....	73
Tabla 50. Resistencia al impacto en muestra B del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.....	73
Tabla 51. Resistencia al impacto en muestra C del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.....	74

Tabla 52. Adherencia del friso de arena amarilla convencional en bloques de arcilla.....	75
Tabla 53. Adherencia del friso de arena amarilla convencional en bloques de concreto.....	76
Tabla 54. Adherencia del friso de arena producto de la extracción de Níquel en bloques de arcilla.....	77
Tabla 55. Adherencia del friso de arena producto de la extracción de Níquel en bloques de concreto.....	77
Tabla 56. Comparación de granulometría de las arenas en estudio.....	79
Tabla 57. Comparación de pesos unitarios de las arenas en estudio.....	80
Tabla 58. Comparación de resistencias a la compresión utilizando moldes normativos de las arenas en estudio.....	81
Tabla 59. Comparación de resistencias a la compresión utilizando moldes hechos de madera de las arenas en estudio.....	82
Tabla 60. Comparación de resistencias a la compresión de la arena amarilla convencional utilizando los distintos moldes.....	83
Tabla 61. Comparación de resistencias a la compresión de la arena producto de la extracción de Níquel utilizando los distintos moldes.....	83
Tabla 62. Comparación de adherencia del friso utilizando bloques de arcilla de las arenas en estudio.....	85



Tabla 63. Comparación de adherencia del friso utilizando bloques de concreto de las arenas en estudio.....85

Tabla 64. Comparación de adherencia del friso de la arena amarilla convencional utilizando los diferentes tipos de bloques.....86

Tabla 65. Comparación de adherencia del friso de la arena producto de la extracción de Níquel utilizando los diferentes tipos de bloques.....86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación granulométrica de la arena amarilla convencional.....	47
Figura 2. Representación granulométrica de la arena producto de la extracción de Níquel.....	48
Figura 3. Balanza utilizada para pesar las probetas a ensayar.....	93
Figura 4. Vernier utilizado para tomar las medidas en las probetas.....	93
Figura 5. Probetas hechas con arena producto de la extracción de Níquel con los distintos moldes listas para realizar ensayo a compresión.....	94
Figura 6. Probeta hecha con arena amarilla convencional en molde normativo ensayada a compresión.....	94
Figura 7. Probeta hecha con arena amarilla convencional en molde de madera ensayada a compresión.....	95
Figura 8. Probeta hecha con arena producto de la extracción de Níquel en molde normativo ensayada a compresión.....	95
Figura 9. Probeta hecha con arena producto de la extracción de Níquel en molde de madera ensayada a compresión.....	96
Figura 10. Muestra para ensayo de adherencia hecha con bloque de arcilla.....	96

Figura 11. Muestras para ensayo de adherencia hechas con bloque de concreto.....	97
Figura 12. Accesorios para colocar las muestras de adherencia en la máquina de ensayo.....	97
Figura 13. Muestra de adherencia ya ensayada donde se aprecia claramente la falla del friso por adherencia con el bloque.....	98
Figura 14. Máquina de ensayo de probetas para obtener la adherencia.....	98
Figura 15. Muestras para obtener la durabilidad en el horno.....	99
Figura 16. Muestra de durabilidad extraída del horno.....	99
Figura 17. Muestras de durabilidad en la piscina.....	100
Figura 18. Muestras de durabilidad extraídas de la piscina.....	100
Figura 19. Esfera utilizada en ensayo de impacto.....	101
Figura 20. Muestra hecha con arena amarilla convencional luego de realizado en ensayo de resistencia al impacto.....	101
Figura 21. Muestra hecha con arena producto de la extracción de Níquel luego de realizado en ensayo de resistencia al impacto.....	102

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la extracción del Níquel se genera una arena con alto contenido de Olivino que en la actualidad es utilizada en algunos países en las industrias de fundición, agrícola y en la fabricación de ladrillos. Sin embargo, en Venezuela los residuos generados por la extracción de este mineral son muy poco usados, por lo que hay acumulación de residuos en estos lugares; se hace indispensable encontrar un uso que sea rentable y ayude a disminuir los mismos, aportando también a la conservación del medio ambiente. Además, desde el punto de vista ambiental, en la actualidad una de las premisas es realizar una debida gestión de los recursos disponibles, lo que también implica la reutilización de los residuos.

En Venezuela se tienen como fundamentos legales, en materia de reutilización de residuos, los siguientes decretos:

Decreto 2216, el cual en su Artículo 24 describe las características que deberán poseer dichos desechos para ser reciclados, reutilizados o aprovechados. (Ver referencias).

Decreto 2635, el cual es de especial consideración por los siguientes puntos: (Ver referencias).

Consideración única del decreto: “que es necesario establecer mecanismos que orienten la gestión de los generadores de desechos peligrosos hacia la reducción de la generación, el fomento del reciclaje, reuso y aprovechamiento bajo la forma de materiales peligrosos recuperables y el tratamiento y disposición final, cumpliendo con las medidas de seguridad, para que no constituyan una amenaza a la salud ni al ambiente”.

Además, en el anexo C “sustancias peligrosas”, se clasifica al mineral Níquel y todos sus compuestos como una sustancia tóxica en agua, por inhalación, ingestión o contacto en cantidad crítica de 5 kg, siendo esta una razón suficiente para proponer la realización del residuo generado.

En nuestro país, en la elaboración del mortero para pegar paredes de bloque y para el friso de las mismas se suele utilizar como componentes cemento, agua y arena amarilla con polvo de piedra. Estos agregados son empleados por dos razones fundamentales: por la facilidad de localización de los materiales y por el buen comportamiento que ha manifestado la experiencia de su uso (a pesar de su agrietamiento) si bien hay poca investigación al respecto. Estas características del mortero fueron confirmadas en estudios realizados por Martínez (ver referencias).

Con el auge de la industria de la construcción de viviendas, los materiales disponibles pueden resultar insuficientes, por lo que se hace indispensable la búsqueda de nuevas alternativas para suplirlos y emplearlos en futuras construcciones.

Dados estos antecedentes se plantea en el marco de este trabajo especial de grado explorar posibles usos de la arena producto de la extracción de Níquel e indagar cómo afecta las propiedades del mortero, particularmente, resistencia, durabilidad y adherencia.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la factibilidad del uso de arena producto de la extracción de Níquel en la construcción y frisado de paredes de bloque.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Caracterizar propiedades físicas de la arena producto de la extracción de Níquel y del mortero logrado empleando los ensayos de granulometría y pesos unitarios.

2. Cuantificar las características mecánicas de la arena mediante ensayos de adherencia, resistencia y durabilidad.

3. Contrastar los resultados obtenidos de los ensayos a la arena y al mortero con los obtenidos empleando arena amarilla.

4. Señalar oportunidades de desarrollo y usos posibles de la arena de Níquel en mampostería de obras civiles.

### **3. APORTES**

1. Buscar nuevas alternativas que sean rentables y ayuden a la conservación del medio en la preparación del mortero para su aplicación en la construcción y frisado de paredes de bloque.

2. Al ser un producto resultante de un proceso industrial se contribuye en su uso posterior, evitando así su desecho y el deterioro del medio ambiente.

3. Obtener conocimientos sobre las alternativas existentes a la hora de la construcción y frisado de paredes de bloque, además de cómo emplear la reutilización de recursos disponibles siguiendo las normativas vigentes.

4. Desarrollar conocimiento empírico sobre las propiedades de la arena a evaluar y su posible uso en la construcción y frisado de paredes de bloque.

## 4. MARCO TEORICO

### 1. Antecedentes.

#### 1.1. Breve reseña histórica del mortero.

La perfección del mortero de los antiguos ha pasado a proverbio. Los egipcios no lo empleaban en la construcción de los grandes edificios de piedra. Sin embargo, como observó Jacques – Joseph Champollion, entre los bloques calizos del revestimiento de la Gran Pirámide se utilizó una especie de mortero, posiblemente para facilitar su deslizamiento y óptimo ajuste al colocarlos.

Existen muchos ejemplos que acreditan el uso que hacían de ellos los antiguos, del yeso, la cal, los betunes, etc. Los griegos y los etruscos conocían asimismo su uso. Se habla de un depósito de agua en Esparta construido con guijarros y argamasa, y las grutas sepulcrales de Tarquino están embarradas de un estuco pintado. La necesidad habría hecho adaptar el uso del mortero y de los cementos a todos los pueblos.

#### 1.2. Tipos de morteros.

Los tipos de morteros generalmente se definen en relación al conglomerante que se utiliza.

##### 1.2.1. Mortero de cemento y arena.

El mortero de cemento es un material de construcción obtenido al mezclar arena y agua con cemento, que actúa como conglomerante. Se utiliza para:



a) Enlucidos, zócalos y corrido de cornisas; se utiliza una parte de cemento por dos de arena.

b) Bruñidos y revoques impermeables; se utiliza una parte de cemento y una de arena.

c) Enlucidos de pavimento, enfoscados, bóvedas tabicadas y muros muy cargados; se utiliza una parte de cemento por tres de arena.

d) Bóvedas de escaleras o tabiques de rasilla; se utiliza una parte de cemento por cuatro de arena.

e) Muros cargados, enfoscados o fábrica de ladrillos generalmente; se utiliza una parte de cemento por cinco de arena.

f) Morteros más pobres; se utiliza siempre una parte de cemento por 6, 8 o 10 partes de arena, según se trate de fábricas cargadas, muros sin carga y rellenos para pisos, respectivamente.

#### 1.2.2. Morteros de cal y arena.

Los morteros de cal, formados por cal, arena y agua, se caracterizan por su gran plasticidad, haciendo posible realizar una gran variedad de trabajos artesanales. Mediante la correcta aplicación de los morteros de cal se consiguen mejores terminaciones, más flexibles, resistentes y duraderas, manteniendo la estética original; usándolo como revoque es mucho más barato que el enyesado y también mucho más rápido y simple de aplicar, pero su superficie, una vez acabada, aunque queda lisa presenta cierta granulosidad. Los morteros de cal y arena se usan para:

- a) Revoques; una parte de cal por dos de arena.
- b) Enlucidos; una parte de cal por una de arena.
- c) Muros de ladrillo; una parte de cal y tres de arena.
- d) Muros de mampostería; una parte de cal por cuatro de arena.

### 1.2.3. Morteros de cemento y cal.

Los morteros preparados solamente con cal, son más fáciles de usar, más flexibles, se endurecen con más lentitud, pero una vez secos, no son impermeables. Para obtener un mortero fácil de trabajar, pero con una buena resistencia, hay que mezclar cal y cemento en proporciones variables según sea su uso. Los morteros de cemento y cal se usan en:

- a) Muros cargados e impermeables; se utiliza una parte de cemento, una de cal y seis de agua.
- b) Muros poco cargados; se utiliza una de cemento, una de cal y ocho de agua.
- c) Cimientos; se utiliza una de cemento, una de cal y diez de agua.
- d) Revoques impermeables; se utiliza cuatro partes de cemento, una de cal y doce de agua.

## 2. Análisis químico de la arena en estudio.

### 2.1. Composición química del Olivino.

Tabla 1. Composición expresada en términos de los compuestos presentes en la arena de olivino:

<b>Compuesto</b>	<b>% Másico Aproximado</b>
Olivino ((Mg,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> )	45
Serpentina (Silicato de Mg hidratado)	40
Magnesita (MgCO <sub>3</sub> )	6
Ópalo (SiO <sub>2</sub> •nH <sub>2</sub> O)	4
Cromita (FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	2
Limonita (FeO(OH)•nH <sub>2</sub> O), Goetita (α-FeO(OH)) y Calcita (CaCO <sub>3</sub> )	3

Tabla 2. Composición Elemental de la arena de olivino:

<b>Elemento</b>	<b>% Másico Aproximado</b>
Si	20,3980
Mg	13,0800
Fe	7,1900
Ca	4,1000
C	1,1020
Al	0,8285
Cr	0,2053
Ni	0,1800
Mn	0,1000
Co	0,0303
Cu	0,0026
Na	0,2000
S	0,0008

Tabla 3. Composición expresada en términos de óxidos de los metales presentes en la arena de olivino:

<b>Óxido</b>	<b>% Másico Aproximado</b>
SiO <sub>2</sub>	43,7100
MgO	21,8000
FeO	9,2400
CaO	5,7400
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,1300
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6000
NiO	0,2300
MnO	0,1300
CoO	0,0400
CuO	0,0030
Na <sub>2</sub> O	0,5392

### 3. Estudios preliminares en arenas.

#### 3.1. Granulometría.

Se entiende por granulometría la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica decide, de manera muy importante, la calidad del material para su uso como componente del mortero.

La granulometría determinada según la Norma Venezolana COVENIN 255 debe estar comprendida entre los límites que se indican en la Tabla 4, excepto en los siguientes casos:

Puede ser necesario usar por motivos técnicos, materiales con desgastes distintos que no estén dentro de los límites establecidos en la Tabla 4. En estos casos deben establecerse de acuerdo a las normas establecidas o por acuerdo entre las partes involucradas, manteniéndose estable, con variaciones en el módulo de finura menores de  $\pm 0,20$ .

Nota: Arenas y otros materiales con granulometría especiales, pueden ser necesarios en casos tales como:

- a) Para combinar adecuadamente con otros agregados.
- b) Para morteros con muy alto contenido de cemento.
- c) Para morteros pobres y otros.

En estos casos se puede permitir el uso de arenas provenientes de la trituración de rocas con contenidos de 13% a 15% de finos, pasadas por el cedazo COVENIN #200 (75  $\mu\text{m}$ ).

Tabla 4. Límites en la granulometría.

Cedazos COVENIN	Porcentaje que pasa
9,51 mm; ( $\frac{3}{8}$ " )	100
4,76 mm; (#4)	85 – 100
2,38 mm; (#8)	60 – 95
1,19 mm; (#16)	40 – 80
595 $\mu\text{m}$ ; (#30)	20 – 60
297 $\mu\text{m}$ ; (#50)	8 – 30
149 $\mu\text{m}$ ; (#100)	2 – 10
75 $\mu\text{m}$ ; (#200)	0 – 5

El agregado fino no debe tener más del 45% retenido entre dos cedazos consecutivos.

#### 3.1.1. Obtención de la Granulometría.

Se separa una muestra de agregado seco de masa conocida, a través de una serie de cedazos de aberturas progresivamente más reducidas para determinar la distribución de los tamaños de las partículas.

#### 3.1.2. Equipo de ensayo.

Se usarán los siguientes aparatos:

- a) Balanza.
- b) Cedazos.

c) Cernidora mecánica.

d) Horno.

### 3.1.3. Muestra a ensayar.

a) Arena producto de la extracción de Níquel.

b) Arena amarilla comercial.

### 3.1.4. Procedimiento de ensayo.

a) Se seca la muestra en el horno hasta que alcance una masa constante a una temperatura de  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

b) Se seleccionan los tamaños adecuados de los cedazos para obtener la información requerida del material ensayado.

c) Se ensamblan los cedazos en orden de tamaños de aberturas decrecientes desde arriba hacia abajo colocando la muestra en el cedazo superior. Se agitan los cedazos durante un período de tiempo determinado por tanteo o por mediciones en la muestra de ensayo.

d) Se limita la cantidad de material en un cedazo a determinar, para que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del mismo, un número de veces durante la operación de cernido.

e) Se continúa el cernido hasta que durante un (1) minuto de cernido manual continuo, no pase más de 1% de masa del residuo por ningún cedazo; desarrollado de la siguiente manera:



Se sostiene con una mano el cedazo, con un recipiente de fondo y con tapa bien ajustada, en posición ligeramente inclinada.

Se mueve vigorosamente el cedazo con un movimiento ascendente contra la palma de la otra mano y hacia los lados con ambas manos, a razón de 150 veces por minuto, rotando el cedazo en un sexto de vuelta cada 25 golpes.

f) La fracción fina de la muestra se puede distribuir en dos (2) o más juegos de cedazos evitando la sobrecarga individual de los mismos.

g) Se determina la menor abertura del cedazo a través de la cual puede pasar cada partícula. El procedimiento se inicia con el menor cedazo a usar. Se rotan las partículas, si es necesario, con el fin de determinar cuál de ellas pasa a través de una abertura dada, sin forzar el paso de las partículas a través de las aberturas.

h) Se determina la masa de cada porción de muestra en la balanza. La masa total del material después de cernido debe controlarse rigurosamente a partir de la masa original de la muestra colocada en los cedazos. Si las cantidades difieren en más de 0,3%, basándose en la masa total de la muestra seca, los resultados no se pueden usar para propósitos de decisión.

#### 3.1.5. Expresión de los resultados.

Se calculan los porcentajes de material retenido en cada cedazo, los porcentajes totales de material retenido en los mismos, o los porcentajes en varias fracciones con una aproximación del 0,1% con base en la masa total de la muestra seca y se presenta en forma de tabla.

## 3.2. Pesos Unitarios.

### 3.2.1. Peso Unitario Suelto.

Se determina llenando un recipiente de volumen conocido y estable, con el agregado, dejándolo caer libremente desde cierta altura. Después se pesa y se establece la relación peso/volumen. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados. La regularidad del peso unitario, en una obra, sirve también para descubrir posibles cambios bruscos en la granulometría o en la forma del agregado.

### 3.2.2. Peso Unitario Compacto.

Se realiza mediante un proceso parecido al peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde. También es usado en algunos métodos de diseño de mezcla.

### 3.2.3. Obtención de los Pesos Unitarios.

Se obtienen empleando el procedimiento descrito en la Norma Venezolana COVENIN 263.

### 3.2.4. Equipo de ensayo.

- a) Balanza.
- b) Barra compactadora.
- c) Recipiente cilíndrico.

### 3.2.5. Material a ensayar.

El material a ensayar consiste en tres muestras de agregados, las cuales deben cumplir con las siguientes gradaciones:

- a) Una muestra que tenga un tamaño máximo no mayor de 40 mm. Muestra A.
- b) Una muestra que tenga un tamaño máximo mayor de 40 mm pero no mayor de 100 mm. Muestra B.
- c) Una muestra que tenga un tamaño máximo no mayor de 100 mm. Muestra C.

### 3.2.6. Procedimiento de ensayo.

Para realizar este ensayo la muestra debe secarse previamente a una temperatura de 105 °C hasta peso constante y mezclarse completamente.

#### 3.2.6.1. Calibración del recipiente.

- a) Se llena el recipiente con agua a temperatura ambiente y se tapa con un pedazo de vidrio cilindrado para eliminar las burbujas y el exceso de agua.
- b) Se determina el peso neto del agua en el recipiente, con exactitud de  $\pm 1\%$ .
- c) Se mide la temperatura del agua y se determina su peso unitario utilizando los valores indicados en la tabla 5, e interpolando si es necesario.

Tabla 5. Peso Unitario del agua.

Temperatura °C	$\text{Kg}/\text{m}^3$
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
(23,0)	(997,54)
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

d) Se calcula el factor de calibración del recipiente, dividiendo el peso unitario del agua entre el peso necesario para llenar el recipiente.

3.2.6.2. Determinación del peso compacto utilizando la barra compactadora.

a) Se toma la muestra A. Se llena la tercera parte del recipiente y se nivela la superficie con la mano. Se compacta la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta dos terceras partes del recipiente y de nuevo se compacta con 25 golpes. Luego se llena el recipiente hasta rebosar, golpeándolo 25 veces con la barra compactadora.

b) Se nivela con la mano la superficie del agregado con un rasero de modo que las partes sobresalientes de las piezas mayores del agregado grueso, compensen aproximadamente los vacíos mayores en la superficie que se halla por debajo de la parte superior del recipiente.

c) Se compacta la primera capa, procurando que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, solo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocado en el recipiente.

3.2.6.3. Determinación del peso compacto por procedimiento de percusión.

a) Se toma la muestra B y se llena el recipiente en tres capas aproximadamente iguales, como el procedimiento (a) para la barra compactadora. Cada capa se compacta colocando el recipiente sobre un piso firme; y levantando alternativamente extremos opuestos de la base a unos 5 cm del piso para luego dejarlo caer en forma tal que dé un golpe, por medio de este procedimiento, las partículas del agregado se acomodarán de modo compacto. Cada capa se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces en cada extremo. El agregado sobrante se desecha con una reglilla.

3.2.6.4. Determinación del peso suelto por procedimiento con pala.

a) Se toma la muestra C y se llena el recipiente con una pala hasta rebosar, y se descarga el agregado desde una altura no mayor de 5 cm, por encima de la parte superior del recipiente. Se deben tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de las partículas. El agregado sobrante se desecha con una reglilla.

### 3.2.7. Expresión de los resultados.

a) Se calcula el factor de calibración del recipiente, dividiendo el peso unitario del agua entre el peso necesario para llenar el recipiente.

b) Se calcula el peso neto del agregado en el recipiente, con exactitud de 0,1%.

c) Se calcula el peso unitario suelto o compacto del agregado multiplicando el peso neto del agregado por el factor de calibración calculado en el punto "a".

## 4. Ensayos en morteros.

### 4.1. Resistencia a la compresión.

Este método de ensayo provee un medio para obtener la resistencia a la compresión de cemento hidráulico y otros morteros y los resultados pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones. Además, este método de ensayo es citado por numerosas otras especificaciones y métodos de ensayo. Se debe tener cuidado en la utilización de los resultados de este método de ensayo para predecir la resistencia de concretos.

#### 4.1.1. Obtención de la Resistencia a la compresión.

Se obtiene empleando el procedimiento descrito en la Norma Venezolana COVENIN 484.

#### 4.1.2. Equipo de ensayo.

a) Balanzas.

b) Pesas.

c) Cedazos.

d) Cilindros graduados.

e) Moldes de las probetas, tanto normalizados como hechos de madera, estos últimos se consideran con la finalidad de aumentar el número de probetas.

f) Mezcladora, recipiente de mezclado y paleta.

g) Mesa de caídas y su respectivo molde.

h) Compactador.

i) Cuchara de albañil.

j) Maquina de ensayo.

#### 4.1.3. Condiciones de ensayo.

a) La temperatura ambiente del lugar de mezclado, de los materiales secos, moldes, placa de base y recipientes de mezclado, deberá mantenerse entre 20 y 27,5 °C.

b) La temperatura del agua de mezclado, agua de curado y cuarto húmedo, deberá ser de 21,5 °C hasta 24,5 °C.

c) La humedad relativa del laboratorio no deberá ser menor de 50%.

d) El cuarto o gabinete húmedo deberá tener una humedad relativa no menor de 95%.

#### 4.1.4. Preparación de las muestras.

##### 4.1.4.1. Elaboración de las probetas de ensayo.

a) Se ensayarán 3 probetas para cada edad de ensayo.

b) La arena a usar en los ensayos son: la arena producto de la extracción de Níquel y la arena amarilla convencional.

c) Preparación de los moldes para probetas:

– Se cubren las caras interiores de los moldes con una capa delgada de aceite mineral o grasa liviana.

– Se cubren las superficies de contacto entre las mitades de cada molde con una capa delgada de un aceite mineral pesado o grasa liviana.

– Se ensamblan los moldes y se elimina el exceso de aceite o grasa de las caras interiores y de la superficie superior o inferior.



- Se colocan los moldes sobre planchas planas y no absorbentes, que se han cubierto previamente con una capa delgada de aceite mineral o grasa liviana.

- Se aplica a las líneas de contacto exterior de los moldes y las planchas de base, un material sellante, tal como la parafina o cera cristalina, calentada hasta una temperatura entre 110 y 120 °C, para obtener juntas herméticas entre los moldes y las planchas.

d) Dosificación, consistencia y mezclado de los morteros.

- Las proporciones de los materiales secos del mortero normalizado, deberán ser una parte de cemento a 2,75 partes de arena en peso.

- Se usará una relación agua – cemento de 0,485.

- La cantidad de agua de mezclado, medida en ml, deberá ser tal que produzca un flujo entre 105 y 115 y se debe expresar como un porcentaje del peso del cemento.

e) Determinación del flujo.

- Se coloca la paleta en el recipiente seco en la posición de mezclar.

- Se coloca toda el agua de mezclado en el recipiente.

- Se añade cemento al agua.

- Se hace funcionar la mezcladora a una velocidad baja, y se mezcla durante 30 s.

- Se añade la arena lentamente en un lapso de 30 s, mientras se continúa el mezclado a velocidad baja.
  
- Se detiene la mezcladora, se cambia a la velocidad rápida y se mezcla durante 30 s.
  
- Se detiene la mezcladora y se deja reposar el mortero durante 90 s, en los primeros 15 s, de éste intervalo, se raspa rápidamente hacia abajo el mortero que se haya podido adherir a los lados del recipiente, luego por el resto de éste intervalo se tapa el recipiente.
  
- Se termina mezclado durante 60 s, a una velocidad rápida.
  
- Se seca cuidadosamente la mesa de caídas y se coloca su molde en el centro de la misma.
  
- Con la ayuda de la cuchara se coloca una capa de mortero de alrededor de 25 mm de espesor en el molde y se compacta 20 veces con el compactador. La presión de compactación deberá ser la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde.
  
- Se llena el molde con mortero y se compacta de igual manera que la primera capa.
  
- Se enrasa el mortero con la parte superior del molde; para ello se pasa una reglilla con un movimiento de vaivén.
  
- Se limpia la mesa teniendo especial cuidado en eliminar el agua alrededor de la orilla del molde y se levanta éste un minuto después de completar la operación de mezclado.

- Se opera la mesa de caídas produciendo 25 caídas en 15 s.
  
  - Se elaboran morteros de prueba con diferentes porcentajes de agua hasta obtener el flujo especificado. Cada prueba se hace con mortero nuevo recién preparado.
- f) Moldeo de las probetas de ensayo.
- Se coloca la paleta en el recipiente seco en posición de mezclar.
  
  - Se coloca toda el agua de mezclado en el recipiente.
  
  - Se añade cemento al agua.
  
  - Se hace funcionar la mezcladora a velocidad baja, y se mezcla durante 30 s.
  
  - Se añade la arena lentamente en un lapso de 30 s, mientras se continúa el mezclado a velocidad baja.
  
  - Se detiene la mezcladora, se cambia a velocidad rápida y se mezcla durante 30 s.
  
  - Se detiene la mezcladora y se deja reposar el mortero durante 90 s. Durante los primeros 15 s, de éste intervalo, se raspa rápidamente hacia abajo el mortero que se haya podido adherir a los lados del recipiente, luego por el resto del intervalo se raspa el recipiente.
  
  - Se hace funcionar la mezcladora a una velocidad rápida durante 60 s.

- Se detiene la mezcladora y se deja el mortero en reposo en el recipiente de mezclado sin tapar durante 90 s. Durante los últimos 15 s, de éste intervalo, se raspa rápidamente hacia abajo el mortero que se haya podido adherir a los lados del recipiente y se mezcla de nuevo todo el mortero durante 15 s, a una velocidad rápida. Al terminar el mezclado se sacude la paleta de mezclado dentro del recipiente, para recuperar el mortero pegado a la misma.
  
- Inmediatamente después de realizar el ensayo de flujo, se devuelve el mortero del molde de la mesa de caídas al recipiente de mezclado.
  
- Se raspa rápidamente hacia el fondo el mortero que ha podido acumularse en el contorno del recipiente y luego se mezcla de nuevo todo el mortero durante 15 s, a velocidad media. Al terminar el mezclado se sacude la paleta del mezclador dentro del recipiente para recuperar el mortero pegado a la misma.
  
- Se comienza a moldear las probetas dentro de un intervalo de tiempo no mayor de 2 min y 30 s, después de completar el primer mezclado de la masa de mortero.
  
- Se coloca una capa de mortero de aproximadamente 25 mm de espesor en todos los compartimientos cúbicos.
  
- Se compacta el mortero en cada compartimiento cúbico 32 veces alrededor de 10 s. Esto se hace en 4 vueltas y cada vuelta, deberá ser en ángulo recto con la anterior.
  
- La presión de compactación deberá ser fuerte para asegurar un llenado uniforme de los moldes.

- Se deben completar las 4 vueltas de compactación del mortero en un cubo antes de pasar al próximo.

- Cuando se haya completado la compactación de la primera capa en todos los compartimientos cúbicos se llenan los compartimientos con el mortero restante y se compacta igual que la primera capa.

- Durante la compactación de la segunda capa se devuelve el mortero que haya rebosado la parte superior del molde con la ayuda del compactador, después de cada vuelta de compactación, al completar la compactación del mortero debe sobresalir ligeramente de los moldes.

- Se alisan los cubos pasando la parte plana de la cuchara, con la punta ligeramente levantada, una sola vez por la superficie de cada cubo y al ángulo recto con el largo del molde.

- Con el fin de nivelar el mortero, se pasa la parte plana de la cuchara de albañil suavemente a lo largo del molde.

- Se enrasa el mortero con el tope del molde pasando la orilla recta de la cuchara de albañil, colocada casi perpendicularmente al molde, con un movimiento de vaivén a lo largo del mismo.

g) Se almacenan las probetas.

#### 4.1.5. Procedimiento de ensayo.

a) Se ensayan las probetas inmediatamente después de sacarla del ambiente de curado, en el caso de las probetas de 24 horas o del agua de almacenamiento, en todos los demás casos.

b) Todas las probetas correspondientes a determinada edad de ensayo se deben romper dentro de la siguiente tolerancia permisible, según la tabla 6.

Tabla 6. Tolerancias

Edad de ensayo	Tiempo (h)
24 horas	$\pm 1/2$
3 días	$\pm 1$
7 días	$\pm 3$
28 días	$\pm 12$

c) Se seca la superficie de cada probeta y se eliminan los granos sueltos de arena u otras incrustaciones en aquellas caras que deban estar en contacto con las superficies de carga de la máquina de ensayo.

d) Se revisan las caras pasando una reglilla; si hay curvatura apreciable se descarta la probeta, ya que se obtienen resultados mucho menores que las resistencias reales si las caras de las probetas no están completamente planas.

e) Se aplica la carga a las dos caras de la probeta que estaban en contacto con las superficies planas del molde.

f) Se coloca la probeta cuidadosamente en la guía base de la máquina de ensayo del centro del bloque del asiento superior. Antes de ensayar cada probeta se debe cuidar que la base de la rótula esférica oscile libremente.

g) Se aplica una carga inicial a cualquier velocidad conveniente hasta la mitad de la carga máxima, para probetas que tienen carga máxima estimada en más de 13,5 KN. No se aplica ninguna carga inicial a probetas que tienen cargas máximas estimadas en menos de 13,5 KN.

h) Se ajusta la velocidad de aplicación de la carga, de manera que el resto de la carga, se aplique sin interrupción hasta la falla, a una velocidad tal, que se alcance la máxima carga en no menos de 20 s ni más de 80 s, desde el comienzo de la aplicación.

i) No se deben hacer ajustes en los controles de la máquina de ensayo mientras una probeta está sometida a carga, antes de que esta falle.

#### 4.1.6. Expresión de los resultados.

a) Se anota la carga total máxima indicada por la máquina y se expresa la resistencia a la compresión en MPa.

b) Si la sección transversal de la probeta varía en más de 1,5% de la nominal, se usa la sección verdadera para el cálculo de la resistencia a la compresión.

c) Las probetas que resulten defectuosas o que den resistencias que difieren en más del 10% del valor promedio de todas las probetas elaboradas de la misma muestra y ensayadas a la misma edad, no se deben considerar para el cálculo de la resistencia a la compresión.

d) Si después de rechazar los valores de resistencia y/o probetas, quedan menos de dos valores para calcular la resistencia a compresión en cualquier período, se debe hacer un nuevo ensayo.

e) La resistencia a la compresión de todas las probetas de ensayo aceptables, hechas de la misma muestra y ensayadas a la misma edad, se deben promediar y el promedio se anota con aproximación de 0,1 MPa.

#### 4.2. Durabilidad.

Es la propiedad que tienen los morteros o concretos de resistir la acción de agentes destructivos.

##### 4.2.1. Obtención de la Durabilidad.

Para llevar a cabo el estudio de durabilidad se sigue la metodología utilizada en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela.

##### 4.2.2. Materiales a emplear.

- a) Arena producto de la extracción de Níquel.
- b) Arena amarilla comercial.

##### 4.2.3. Elaboración de las probetas.

a) Se preparan probetas de morteros fabricados con cemento, arena a utilizar en una proporción arena/cemento de 3 y una relación agua/cemento de 0,65.

b) Después de la preparación, se distribuyen diferentes porciones en moldes de dimensiones 20 cm x 20 cm x 5 cm y se compactan por vibración.



#### 4.2.4. Procedimiento de ensayo.

a) Se mantiene las probetas durante 24 horas en una atmósfera de humedad relativa de aproximadamente 100%.

b) Se desmoldan las probetas y se curan en agua con una humedad relativa mayor de 95% a temperatura ambiente durante 28 días.

c) Después del curado, las probetas se someten a un ciclo de calor humedad; el cual consiste en colocar las probetas 24 horas en el horno a una temperatura de  $(100 \pm 5)$  °C y luego introducirlas en la piscina de curado por 24 horas. En ambos casos, cuando las probetas estén a temperatura ambiente y con superficie seca, se toman datos de la masa y las dimensiones de las mismas, además de otra observación de importancia.

d) El ciclo deberá repetirse cinco veces.

#### 4.2.5. Expresión de los resultados.

a) Se evalúa la durabilidad mediante los cambios observados en las probetas de morteros sometidas al ciclo de calor humedad durante el período de tiempo mencionado y se anota en forma de tabla.

#### 4.3. Resistencia al impacto.

La resistencia a impacto se obtiene dejando caer, desde alturas crecientes determinadas, una bola esférica de acero hasta que la probeta se rompa.

#### 4.3.1. Obtención de la Resistencia al impacto.

Se obtiene empleando el procedimiento empleado en la Norma Europea EN 14617 – 9, versión en español.

#### 4.3.2. Equipo de ensayo.

a) Esfera de acero.

b) Electroimán.

c) Interruptor.

d) Vara vertical.

e) Una caja con una sección mínima de 40 x 40 cm y altura igual o superior a 30 cm, que contenga una cama de arena seca de al menos 20 cm de profundidad.

#### 4.3.3. Elaboración de las probetas.

Se elaboran probetas de 10 x 10 x 2 cm. Para evitar que las muestras se rompan en el primer impacto y por la disponibilidad existente en el instituto las probetas se realizaron de 20 x 20 x 5 cm.

#### 4.3.4. Procedimiento de ensayo.

Antes de la realización del ensayo se preparan las probetas con su acabado superficial.

a) Se coloca la muestra dentro de la caja, sobre la cama de arena, de forma que quede cubierta en todo su espesor y que el centro de la cara de mayor dimensión se encuentre en la vertical que atraviesa el centro de la esfera.

b) Se utiliza un nivel de burbuja de aire para comprobar que la cara superior de la muestra descansa horizontalmente.

c) El electroimán se sujeta a la vara en un punto correspondiente a la altura de caída de 6 cm de la esfera medida desde el fondo.

d) Se apaga el electroimán y se deja caer la esfera.

e) Se repite el ensayo incrementando progresivamente la altura de caída en 5 cm cada vez hasta la rotura de la muestra.

f) Debido a que las losas se construyeron de mayor espesor, se decidió modificar la altura de caída, iniciando en 50 cm y aumentando progresivamente de 50 cm cada vez hasta llegar a 300 cm por falta de espacio para seguir aumentando la misma.

#### 4.3.5. Expresión de los resultados.

a) Se constata visualmente cualquier daño superficial causado por la esfera de acero comparándolo con las probetas de referencia y se registra.

#### 4.4. Adherencia.

Resistencia al despegue, lo cual implica una capacidad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interface mortero – base. Es propiedad de los morteros tanto frescos como endurecidos.

##### 4.4.1. Obtención de la Adherencia.

Se obtiene empleando el procedimiento utilizado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela.

##### 4.4.2. Materiales.

- a) Bloques de arcilla y de concreto.
- b) Arena producto de la extracción de Níquel.
- c) Arena amarilla comercial.

##### 4.4.3. Elaboración de las probetas.

a) Se cortaron pedazos de bloques de 5 x 5 cm y se adhieren a una cara del molde metálico utilizando pegamento epóxico, dejándolo secar por un período de 7 días.

b) Se realizó la mezcla de morteros fabricados con cemento, arena a utilizar en una proporción arena/cemento de 3 y una relación agua/cemento de 0,65.

c) Se frisó la cara del bloque con el mortero y se deja secar en un período de 7 días.

d) Se aplicó el pegamento epóxico a la otra cara del molde, uniéndolo con el friso y también se dejó secar por un período de 7 días.

#### 4.4.4. Procedimiento de ensayo.

a) Luego de cumplirse 21 días, las probetas son ensayadas a tracción.

#### 4.4.5. Expresión de los resultados.

a) Los resultados se expresan en tablas, debiéndose indicar la carga aplicada, el esfuerzo al cual fue sometida la muestra, el elemento que falla y el tipo de la misma.

### 5. Definiciones.

#### 5.1. Agregado.

Es el material pétreo, natural o artificialmente dividido en trozos o partículas resistentes de forma y tamaño estable, cuya función específica es actuar como material inerte en morteros y hormigones (concreto).

#### 5.2. Arena.

Es el agregado predominante fino resultante de la disgregación natural o trituración de las rocas.

### 5.3. Bloque.

Es un elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas.

### 5.4. Friso.

Con esta palabra se designaba antiguamente la parte del cornisamento entre el arquitrabe y la cornisa. Es decir, era como especie de una losa situada entre los dos elementos arquitectónicos antes mencionados, donde se moldeaban formas decorativas.

Actualmente se usa para designar la capa de mortero usada para cubrir la mampostería con la finalidad de:

- a) Corregir las irregularidades que presenten las paredes y cerrar las juntas de asiento y verticales entre bloques.
- b) Impermeabilizar las paredes impidiendo el paso del agua a través de ellas.
- c) Contribuir al aislamiento térmico, acústico y protección contra incendios.
- d) Mejorar la estética de la edificación.

### 5.5. Mortero.

Es la mezcla constituida por aglomerantes, agregados predominantemente finos y agua.

### 5.5.1. Cemento.

El cemento es el componente activo del concreto y del mortero e influye en todas las características de este material. Sin embargo, el cemento constituye aproximadamente solo un 10 a un 20% del peso de la mezcla, siendo el 80 a 90% de materiales restantes el que condiciona la posibilidad de que se desarrollen las propiedades de la misma. En la práctica, también son decisivas la calidad de los agregados y las proporciones entre los componentes.

De los componentes del concreto, el cemento es el más caro por unidad de peso. Sin embargo, comparado con otros productos manufacturados, el cemento es un material relativamente barato. En el valor de un kilogramo de este material se debe considerar el costo de: la extracción de los minerales, de dos moliendas a un alto grado de finura; una cocción a elevada temperatura (unos 1450°C), el control estricto de los procesos, la homogeneización, los cuidados ambientales, etc.

El cemento se obtiene a partir de materias primas abundantes en la naturaleza. Su elaboración se realiza en plantas industriales de gran capacidad, en donde debe ser controlado estrictamente, lo que redundará en su calidad y en la confiabilidad que sobre él pueda tener el usuario.

### 5.5.2. Cal.

Es el material calcinado cuya mayor parte es óxido de calcio, capaz de reaccionar con el agua, pudiendo contener óxido de magnesio y cantidades apropiadas de compuestos sílicos aluminosos.

### 5.5.3. Agua de mezclado.

Es el agua que se añade a las mezclas de concreto o de mortero para darles la fluidez necesaria para manejarla y colocarlas y que después reaccionará en parte con el cemento dándole a la mezcla las propiedades resistentes.

El agua de mezclado de acuerdo a sus características se clasificarán en:

a) Agua potable: Es aquella apta para el consumo humano y se podrá usar como agua de mezclado en todos los casos.

b) Agua proveniente de pozos, lagos, lagunas, ríos y otros: Se puede usar como agua de mezclado siempre que cumpla con los siguientes requisitos:

Tabla 7. Impurezas tolerables en el agua de mezclado de concreto y morteros.

Impureza	Contenido máximo en partes por millón (p.p.m.)
Sólidos disueltos	5.000
Cloruro, (Cl)	500 (a)
Materia orgánica por consumo de oxígeno pH de 5 a 7,5	250 (b)



(a) Los cloruros fueron limitados por su posible efecto corrosivo de las armaduras cuando la obra está situada en un ambiente agresivo o en cualquier ambiente cuando se trata de armaduras tensadas. Si no se dan estas circunstancias son aceptables proporciones de cloruros (Cl) de hasta 2.000 p.p.m. en el agua de mezclado.

(b) La materia orgánica fue limitada por la posibilidad de que esté constituida por azúcares que pueden alterar los tiempos de fraguado de la mezcla. Si se comprueba químicamente que no se trata de azúcares, son aceptables hasta 5.000 p.p.m. de materia orgánica en el agua. Alternativamente, el agua es aceptada si cumple con este otro requisito: para que el agua en estudio sea aceptada, los promedios entre los tiempos de fraguado iniciales de las tres (3) mezclas hechas con agua potable y de las tres (3) mezclas hechas con el agua en estudio, no deben diferir entre sí en más de 15 minutos y los tiempos de fraguado finales en más de 45 minutos.

c) Agua de mar: No debe usarse en morteros y concretos que tengan armadura metálica. En los morteros o concretos simples, puede producir manchas superficiales y disminución de la resistencia.

#### 5.5.4. Agregado fino.

Es el que pasa como mínimo el 95% por el cedazo #4 y queda retenido en el cedazo #200.

#### 5.6. Olivino.

El Olivino o peridoto es un mineral de color verde olivo, ha sido utilizado como piedra preciosa en la antigüedad.

En el Olivino de Manto, alrededor de un 10% de los iones de magnesio son reemplazados por el hierro. El Olivino tiene una estructura ortorrómbica que puede ser descrita como un empilamiento hexagonal compacto de grandes iones de oxígeno, de los cuales un octavo de los intersticios tetraédricos está ocupado por los cationes  $Mg^{++}$  o  $Fe^{++}$ .

## 5. METODO

Para generar una propuesta, sobre un posible uso de la arena producto de la extracción de Níquel y siguiendo la línea de los objetivos específicos planteados, se conforma la metodología de trabajo desarrollada en cuatro etapas las cuales se explican en el mismo orden en el cual serán ejecutadas. La elaboración y ensayo de probetas se realizarán conforme a las especificaciones de normas técnicas europeas y venezolanas así como estándares empleados en otras investigaciones.

### 1. Recopilación del material.

En esta fase se procede a seleccionar el material a emplear. La arena producto de la extracción de Níquel se encuentra almacenada en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela, y fue obtenida del yacimiento ubicado en Lomas de Níquel. Además se utilizará arena amarilla comercial para realizar las respectivas comparaciones. Otros materiales a utilizar son el cemento y el agua.

### 2. Elaboración de las probetas.

Luego de obtener el material necesario se procede a la ejecución de la segunda fase, la cual consiste en la elaboración de las probetas a ser ensayadas posteriormente.

#### 2.1. Propiedades físicas de las arenas.

Estos ensayos se realizan para determinar la calidad de las arenas; se caracterizan por ser pruebas donde se toma una muestra representativa del material sin requerir de una elaboración de probetas previas.

## 2.2. Propiedades mecánicas de las arenas.

En este caso si se requiere de la elaboración de probetas previas para la realización de los respectivos ensayos. El procedimiento de elaboración de las mismas en su mayoría se encuentra en las normas y en los que no se encuentren, se realizan con base en experiencias previas que han arrojado resultados satisfactorios.

### 2.2.1. Resistencia a la compresión.

Se sigue el procedimiento de elaboración de probetas descrito en la norma venezolana COVENIN 484, (sección 4.1.4 del Marco Teórico).

### 2.2.2. Durabilidad.

Se sigue el procedimiento de elaboración de probetas empleado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, (sección 4.2.3 del Marco Teórico).

### 2.2.3. Resistencia al impacto.

Se sigue el procedimiento de elaboración de probetas descrito en la norma europea EN 14617 – 9, (sección 4.3.3 del Marco Teórico).

### 2.2.4. Adherencia.

Se sigue el procedimiento de elaboración de probetas empleado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, (sección 4.4.3 del Marco Teórico).

### 3. Ensayos de probetas.

Luego de elaborar las probetas en los casos donde sean necesarias se procede en esta fase al ensayo de las mismas y además a elaborar los ensayos de las muestras que no requieren probetas previas, siendo esta fase donde se caracteriza y cuantifica el material a analizar.

#### 3.1. Propiedades físicas de las arenas.

Este tipo de ensayo no requiere de elaboración de probetas, por lo tanto, se omite esta fase y se procede a ejecutar esta luego de la primera; siguiendo los procedimientos descritos en las respectivas normas.

##### 3.1.1. Granulometría.

Se sigue el procedimiento de ensayo descrito en las normas venezolanas COVENIN 255 y 277, (sección 3.1.4 del Marco Teórico).

##### 3.1.2. Pesos unitarios.

Se sigue el procedimiento de ensayo descrito en la norma venezolana COVENIN 263, (sección 3.2.6 del Marco Teórico).

#### 3.2. Propiedades mecánicas de las arenas.

Al tener todas las probetas elaboradas se procede al ensayo de las mismas, siguiendo los procedimientos que se encuentren en las normas o en experiencias con resultados satisfactorios.

### 3.2.1. Resistencia a la compresión.

Se sigue el procedimiento de ensayo descrito en la norma venezolana COVENIN 484, (sección 4.1.5 del Marco Teórico).

### 3.2.2. Durabilidad.

Se sigue el procedimiento de ensayo empleado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, (sección 4.2.4 del Marco Teórico).

### 3.2.3. Resistencia al impacto.

Se sigue el procedimiento de ensayo descrito en la norma europea EN 14617 – 9, (sección 4.3.4 del Marco Teórico).

### 3.2.4. Adherencia.

Se sigue el procedimiento de ensayo empleado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, (sección 4.4.4 del Marco Teórico).

## 4. Obtención de resultados.

La realización de cada ensayo arroja unos resultados los cuales deberán quedar registrados para su posterior análisis y así contrastar los resultados de ambos materiales ensayados. Para registrar estos resultados se deben seguir los procedimientos descritos en las normas o los utilizados en ensayos previos satisfactorios.

#### 4.1. Propiedades físicas de las arenas.

De acuerdo a la característica de cada ensayo se presentan los resultados según las normas.

##### 4.1.1. Granulometría.

Se expresan los resultados como está descrito en las normas venezolanas COVENIN 255 y 277, (sección 3.1.5 del Marco Teórico).

##### 4.1.2. Pesos unitarios.

Se expresan los resultados como está descrito en la norma venezolana COVENIN 263, (sección 3.2.7 del Marco Teórico).

#### 4.2. Propiedades mecánicas de las arenas.

De acuerdo a la característica de cada ensayo se presentan los resultados según las normas o experiencias previas satisfactorias.

##### 4.2.1. Resistencia a la compresión.

Se expresan los resultados como está descrito en la norma venezolana COVENIN 484, (sección 4.1.6 del Marco Teórico).

##### 4.2.2. Durabilidad.

Se expresan los resultados según procedimiento empleado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, (sección 4.2.5 del Marco Teórico).

#### 4.2.3. Resistencia al impacto.

Se expresan los resultados como está descrito en la norma europea EN 14617 – 9, (sección 4.3.5 del Marco Teórico).

#### 4.2.4. Adherencia.

Se expresan los resultados según procedimiento empleado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, (sección 4.4.5 del Marco Teórico).



## 6. RESULTADOS

### 1. Granulometría.

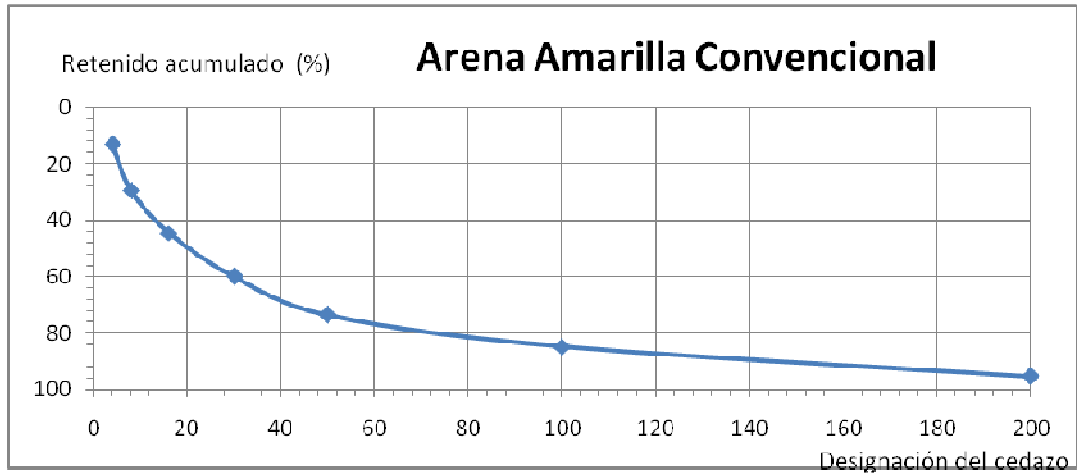
#### 1.1. Arena amarilla convencional.

Masa inicial: 500 g.

Tabla 8. Granulometría de la arena amarilla convencional.

Nº Cedazo	Masa (g)	Porcentaje	Porcentaje retenido acumulado
4	66	13,20	13,20
8	81	16,20	29,40
16	76	15,20	44,60
30	77	15,40	60,00
50	68	13,60	73,60
100	56	11,20	84,80
200	53	10,60	95,40
Pasante 200	23	4,60	100,00
<b>Totales</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Figura 1. Representación granulométrica de la arena amarilla convencional.



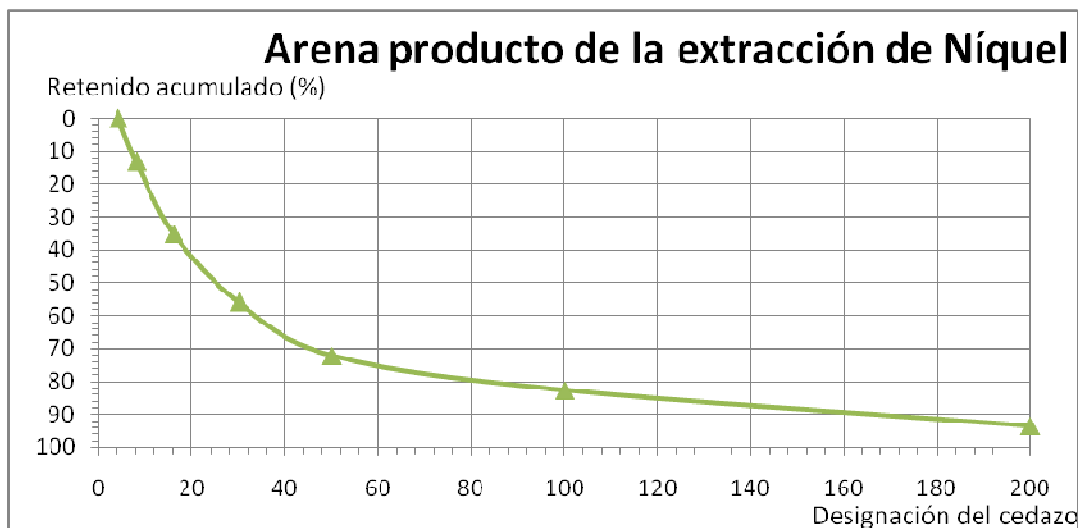
1.2. Arena producto de la extracción de Níquel.

Masa inicial: 503 g

Tabla 9. Granulometría de la arena producto de la extracción de Níquel.

Nº Cedazo	Masa (g)	Porcentaje	Porcentaje retenido acumulado
4	0	0	0
8	66	13,15	13,15
16	110	21,91	35,06
30	105	20,92	55,98
50	82	16,33	72,31
100	52	10,36	82,67
200	55	10,96	93,63
Pasante 200	32	6,37	100,00
<b>Totales</b>	<b>503</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Figura 2. Representación granulométrica de la arena producto de la extracción de Níquel.



## 2. Pesos Unitarios.

Peso recipiente: 2.702 g

Volumen recipiente: 2,858 cm<sup>3</sup>

### 2.1. Arena amarilla convencional.

Peso muestra compacto: 7.237 g – 2.702 g = **4.535 g**

Peso muestra suelto: 6.563 g – 2.702 g = **3.861 g**

Relación peso/volumen compacto: **1,59**

Relación peso/volumen suelto: **1,35**

### 2.2. Arena producto de la extracción de Níquel.

Peso muestra compacto: 6.113 g – 2.702 g = **3.411 g**

Peso muestra suelto: 5.806 g – 2.702 g = **3.104 g**

Relación peso/volumen compacto: **1,19**

Relación peso/volumen suelto: **1,09**

### 3. Resistencia a la compresión.

#### 3.1. Mortero con arena amarilla convencional.

Tabla 10. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena amarilla convencional a los 7 días.

Días: 7		Molde: Normativo					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	278	5,11	5,11	5,22	26,67	2080	77,99
B	275	5,15	5,14	5,22	26,88	2090	77,75
C	271	5,14	5,14	5,27	27,08	2070	76,44
Promedio resistencias:							<b>77,39</b>

Tabla 11. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena amarilla convencional a los 7 días.

Días: 7		Molde: Madera					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	266	5,08	5,00	5,25	26,67	1140	42,74
B	282	5,14	5,20	5,53	28,42	1680	59,11
C	278	5,17	5,27	5,30	27,40	1060	38,69
D	262	5,00	5,10	5,33	26,65	950	35,64
E	267	5,10	5,10	5,30	27,03	1280	47,35
F	273	5,02	5,13	5,40	27,11	1260	46,48
Promedio resistencias:							<b>45,00</b>

Tabla 12. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena amarilla convencional a los 14 días.

Días: 14		Molde: Normativo					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	271	5,17	5,09	5,27	27,25	2820	103,49
B	273	5,16	5,13	5,30	27,35	3010	110,05
C	269	5,12	5,08	5,23	26,78	2860	106,80
Promedio resistencias:							<b>106,78</b>

Tabla 13. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena amarilla convencional a los 14 días.

Días: 14		Molde: Madera					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	273	5,13	5,06	5,52	28,32	2460	86,86
B	264	5,09	5,02	5,40	27,49	1230	44,74
C	283	5,28	5,40	5,49	28,99	1250	43,12
D	277	5,25	4,98	5,41	28,40	1480	52,11
E	264	5,07	5,07	5,27	26,72	1730	64,75
F	276	5,09	5,10	5,36	27,28	2190	80,28
Promedio resistencias:							<b>61,98</b>



Tabla 14. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena amarilla convencional a los 28 días.

Días: 28		Molde: Normativo					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	280	5,19	5,20	5,25	27,25	2830	103,85
B	270	5,11	5,15	5,29	27,03	2920	108,03
C	270	5,11	5,14	5,21	26,62	3020	113,45
Promedio resistencias:							<b>108,44</b>

Tabla 15. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena amarilla convencional a los 28 días.

Días: 28		Molde: Madera					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	286	5,25	5,24	5,52	28,98	1930	66,60
B	275	5,05	5,11	5,50	27,78	2180	78,47
C	273	5,09	5,08	5,49	27,94	2290	81,96
D	274	5,07	5,09	5,40	27,38	2500	91,31
E	271	5,06	5,05	5,39	27,27	2180	79,94
F	271	5,14	5,20	5,43	27,91	2180	78,11
Promedio resistencias:							<b>79,40</b>

### 3.2. Mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Tabla 16. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 7 días.

Días: 7		Molde: Normativo					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	239	5,10	5,10	5,26	26,83	520	19,38
B	244	5,10	5,10	5,54	28,25	520	18,41
C	241	5,10	5,10	5,40	27,54	510	18,52
Promedio resistencias:							<b>18,77</b>

Tabla 17. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 7 días.

Días: 7		Molde: Madera					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	242	5,10	5,10	5,26	26,83	460	17,14
B	228	5,05	5,09	5,20	26,26	370	14,09
C	229	5,02	5,12	5,27	26,46	380	14,36
Promedio resistencias:							<b>15,20</b>

Tabla 18. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 14 días.

Días: 14		Molde: Normativo					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	236	5,12	5,10	5,24	26,83	770	28,70
B	237	5,16	5,10	5,24	27,04	740	27,37
C	243	5,12	5,10	5,37	27,49	720	26,19
Promedio resistencias:							<b>27,42</b>

Tabla 19. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 14 días.

Días: 14		Molde: Madera					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	238	5,16	5,03	5,32	27,45	620	22,59
B	237	5,27	5,03	5,26	27,72	640	23,09
C	247	5,27	5,20	5,35	28,19	720	25,54
Promedio resistencias:							<b>23,74</b>

Tabla 20. Resistencia a la compresión con moldes normativos del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 28 días.

Días: 28		Molde: Normativo					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	248	5,17	5,26	5,45	28,18	770	27,32
B	245	5,12	5,18	5,43	27,80	790	28,42
C	248	5,20	5,21	5,51	28,65	780	27,23
Promedio resistencias:							<b>27,66</b>

Tabla 21. Resistencia a la compresión con moldes de madera del mortero con arena producto de la extracción de Níquel a los 28 días.

Días: 28		Molde: Madera					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Área de aplicación de la carga (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	Altura			
A	234	5,12	5,15	5,27	26,98	680	25,20
B	241	5,01	5,19	5,30	26,55	680	25,61
C	235	4,99	5,17	5,26	26,25	680	25,90
Promedio resistencias:							<b>25,57</b>

#### 4. Durabilidad.

##### 4.1. Mortero con arena amarilla convencional.

Tabla 22. Extracción de muestras de piscina de curado para ensayo de durabilidad del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción de piscina: curado 28 días.					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	4235	20,24	20,41	5,23	Extracción de muestra de piscina de curado pasados los 28 días. Las muestras luego de observadas fueron colocadas al horno por 24 horas.
B	4065	19,70	20,39	5,29	
C	4335	20,27	20,37	5,23	
D	4276	19,92	20,28	5,48	
E	4271	20,44	20,28	5,31	

Tabla 23. Primera extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción del horno: 1º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3601	20,23	20,40	5,24	Todas las muestras presentaron un color amarillo.
B	3488	19,70	20,35	5,29	
C	3756	20,24	20,35	5,23	
D	3685	19,92	20,28	5,47	
E	3666	20,34	20,24	5,29	

Tabla 24. Primera extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción de piscina: 1º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	4166	20,23	20,45	5,24	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	4002	19,90	20,33	5,30	
C	4276	20,25	20,33	5,23	
D	4218	19,92	20,35	5,40	
E	4207	20,35	20,34	5,29	

Tabla 25. Segunda extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción del horno: 2º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3552	20,23	20,39	5,24	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	3449	19,70	20,31	5,28	
C	3715	20,22	20,31	5,25	
D	3646	19,90	20,30	5,46	
E	3623	20,33	20,31	5,27	

Tabla 26. Segunda extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción de piscina: 2º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	4164	20,23	20,42	5,27	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	4002	19,69	20,31	5,26	
C	4262	20,23	20,40	5,29	
D	4216	19,93	20,41	5,46	
E	4209	20,32	20,35	5,28	

Tabla 27. Tercera extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción del horno: 3º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3530	20,29	20,40	5,22	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	3428	19,66	20,57	5,24	
C	3693	20,22	20,36	5,22	
D	3625	19,87	20,30	5,40	
E	3598	20,33	20,30	5,28	



Tabla 28. Tercera extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción de piscina: 3º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	4169	20,25	20,35	5,23	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	4005	19,77	20,35	5,30	
C	4264	20,22	20,35	5,32	
D	4219	20,01	20,27	5,40	
E	4213	20,32	20,31	5,30	

Tabla 29. Cuarta extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción del horno: 4º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3640	20,23	20,43	5,25	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	3516	19,66	20,36	5,26	
C	3801	20,25	20,35	5,21	
D	3737	19,95	20,27	5,40	
E	3657	20,36	20,32	5,28	

Tabla 30. Cuarta extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción de piscina: 4 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	4171	20,30	20,49	5,22	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	4004	19,72	20,31	5,27	
C	4263	20,29	20,36	5,25	
D	4218	20,02	20,31	5,41	
E	4210	20,37	20,40	5,28	

Tabla 31. Quinta extracción del horno del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción del horno: 5 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3581	20,25	20,41	5,24	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	3470	19,68	20,40	5,27	
C	3741	20,23	20,34	5,23	
D	3673	19,91	20,29	5,43	
E	3636	20,34	20,29	5,28	

Tabla 32. Quinta extracción de piscina del mortero con arena amarilla convencional.

Extracción de piscina: 5º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	4168	20,25	20,43	5,24	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	4003	19,77	20,33	5,28	
C	4266	20,25	20,36	5,27	
D	4218	19,97	20,34	5,42	
E	4210	20,34	20,35	5,29	

#### 4.2. Mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Tabla 33. Extracción de muestras de piscina de curado para ensayo de durabilidad del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

28 días					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3751	20,19	20,35	5,26	Extracción de muestra de piscina de curado pasados los 28 días. Las muestras luego de observadas fueron colocadas al horno por 24 horas.
B	3657	19,91	20,32	5,24	
C	3622	20,21	20,17	5,05	
D	3818	20,36	20,24	5,35	
E	3719	19,88	20,29	5,46	

Tabla 34. Primera extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción del horno: 1 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	2829	20,19	20,28	5,19	Todas las muestras presentaron un color amarillo. Escoriación parcial de las muestras.
B	2767	19,85	20,29	5,22	
C	2711	20,19	20,10	5,01	
D	2817	20,32	20,21	5,33	
E	2782	19,79	20,15	5,44	

Tabla 35. Primera extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción de piscina: 1 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3695	20,19	20,29	5,19	Todas las muestras presentaron un color amarillo. Perdida de esquinas en las mismas y disgregación de material en losa A.
B	3595	19,79	20,29	5,22	
C	3566	20,19	20,09	5,01	
D	3757	20,32	20,21	5,32	
E	3659	19,79	20,18	5,44	

Tabla 36. Segunda extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción del horno: 2 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	2796	20,19	20,24	5,18	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	2739	19,83	20,25	5,19	
C	2679	20,13	20,08	4,99	
D	2788	20,28	20,16	5,30	
E	2752	19,74	20,07	5,42	

Tabla 37. Segunda extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción de piscina: 2 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3692	20,22	20,29	5,23	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	3592	19,75	20,33	5,18	
C	3563	20,14	20,10	5,02	
D	3758	20,36	20,22	5,36	
E	3653	19,80	20,14	5,35	

Tabla 38. Tercera extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción del horno: 3 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	2799	20,15	20,24	5,15	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	2748	19,79	20,49	5,19	
C	2685	20,13	20,10	4,97	
D	2777	20,27	20,16	5,31	
E	2724	19,73	20,06	5,42	

Tabla 39. Tercera extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción de piscina: 3 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3690	20,11	20,27	5,19	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	3594	19,85	20,49	5,22	
C	3565	20,15	20,12	4,99	
D	3754	20,32	20,17	5,30	
E	3654	19,82	20,10	5,51	

Tabla 40. Cuarta extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción del horno: 4 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	2981	20,11	20,26	5,16	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	2944	19,72	20,30	5,20	
C	2943	20,14	20,11	5,00	
D	3039	20,22	20,10	5,30	
E	2868	19,78	20,17	5,45	

Tabla 41. Cuarta extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción de piscina: 4 <sup>o</sup>					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3691	20,12	20,30	5,18	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	3599	19,77	20,50	5,19	
C	3569	20,20	20,11	5,13	
D	3756	20,31	20,23	5,30	
E	3657	19,84	20,10	5,42	

Tabla 42. Quinta extracción del horno del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción del horno: 5º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	2851	20,16	20,26	5,17	Todas las muestras presentaron un color blanco.
B	2800	19,80	20,33	5,20	
C	2755	20,15	20,10	4,99	
D	2855	20,27	20,16	5,31	
E	2782	19,76	20,11	5,43	

Tabla 43. Quinta extracción de piscina del mortero con arena producto de la extracción de Níquel.

Extracción de piscina: 5º					
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)			Observaciones
		Largo	Ancho	Altura	
A	3692	20,16	20,29	5,20	Todas las muestras presentaron un color gris característico.
B	3595	19,79	20,40	5,20	
C	3566	20,17	20,11	5,04	
D	3756	20,33	20,21	5,32	
E	3656	19,81	20,13	5,43	



5. Resistencia al impacto.

Masa esfera: 323 g

Diámetro: 4,72 cm

Diámetro zona hueca: 4,27 cm

5.1. Arena amarilla convencional.

Tabla 44. Características físicas de las muestras del mortero de arena amarilla convencional.

Características físicas de las muestras.				
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)		
		Largo	Ancho	Altura
A	4618	20,27	20,54	5,70
B	4216	20,18	20,25	5,32
C	4142	20,27	20,22	5,20

Tabla 45. Resistencia al impacto en muestra A del mortero de arena amarilla convencional.

Muestra A		
Altura de impacto (m)	Diámetro de huella (mm)	Observaciones
0,50	9,00	No se observaron agrietamientos ni otros daños considerables causados durante el ensayo.
1,00	12,30	
1,50	12,60	
2,00	13,70	
2,50	14,20	
3,00	17,50	

Tabla 46. Resistencia al impacto en muestra B del mortero de arena amarilla convencional.

Muestra B		
Altura de impacto (m)	Diámetro de huella (mm)	Observaciones
0,50	6,10	No se observaron agrietamientos ni otros daños considerables causados durante el ensayo.
1,00	13,20	
1,50	14,50	
2,00	16,20	
2,50	16,80	
3,00	16,90	

Tabla 47. Resistencia al impacto en muestra C del mortero de arena amarilla convencional.

Muestra C		
Altura de impacto (m)	Diámetro de huella (mm)	Observaciones
0,50	4,80	No se observaron agrietamientos ni otros daños considerables causados durante el ensayo.
1,00	9,30	
1,50	11,60	
2,00	15,20	
2,50	16,80	
3,00	16,90	

#### 5.2. Arena producto de la extracción de Níquel.

Tabla 48. Características físicas de las muestras del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.

Características físicas de las muestras.				
Muestra	Masa (g)	Dimensiones de las caras (cm)		
		Largo	Ancho	Altura
A	3810	20,22	20,43	5,34
B	3825	20,30	20,42	5,25
C	3738	20,24	20,30	5,20

Tabla 49. Resistencia al impacto en muestra A del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.

Muestra A		
Altura de impacto (m)	Diámetro de huella (mm)	Observaciones
0,50	10,80	Se produce el agrietamiento de la muestra de forma transversal desde la cara superior a la cara inferior con el impacto de la esfera a los 3 m.
1,00	15,90	
1,50	19,00	
2,00	19,50	
2,50	19,60	
3,00	19,90	

Tabla 50. Resistencia al impacto en muestra B del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.

Muestra B		
Altura de impacto (m)	Diámetro de huella (mm)	Observaciones
0,50	13,80	No se observaron agrietamientos ni otros daños considerables causados durante el ensayo.
1,00	15,70	
1,50	16,90	
2,00	18,00	
2,50	21,00	
3,00	21,90	

Tabla 51. Resistencia al impacto en muestra C del mortero de arena producto de la extracción de Níquel.

Muestra C		
Altura de impacto (m)	Diámetro de huella (mm)	Observaciones
0,50	15,30	No se observaron agrietamientos ni otros daños considerables causados durante el ensayo.
1,00	17,00	
1,50	18,20	
2,00	18,30	
2,50	19,40	
3,00	22,40	

## 6. Adherencia.

### 6.1. Arena amarilla convencional.

#### a) Bloques de arcilla.

Tabla 52. Adherencia del friso de arena amarilla convencional en bloques de arcilla.

Muestra	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Tipo de falla	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	25	10,00	Friso por adherencia	0,40
B	25	20,50	Friso por adherencia	0,82
C	25	16,40	Friso por adherencia	0,66
D	25	53,90	Friso por adherencia	2,16
E	25	58,90	Friso por adherencia	2,36
F	25	19,30	Friso por adherencia	0,77
Promedio resistencias:				<b>1,20</b>

b) Bloques de concreto.

Tabla 53. Adherencia del friso de arena amarilla convencional en bloques de concreto.

Muestra	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Tipo de falla	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	25	39,40	Friso por adherencia	1,58
B	25	35,60	Friso por adherencia	1,42
C	25	29,30	Friso por adherencia	1,17
D	25	40,60	Friso por adherencia	1,62
E	25	35,00	Friso por adherencia	1,40
F	25	34,00	Friso por adherencia	1,36
Promedio resistencias:				<b>1,43</b>

## 6.2. Arena producto de la extracción de Níquel.

### a) Bloques de arcilla.

Tabla 54. Adherencia del friso de arena producto de la extracción de Níquel en bloques de arcilla.

Muestra	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Tipo de falla	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	25	33,80	Mortero de friso	1,35
B	25	26,30	Mortero de friso	1,05
C	25	30,40	Mortero de friso	1,22
D	25	30,00	Mortero de friso	1,20
E	25	29,80	Mortero de friso	1,19
F	25	29,20	Mortero de friso	1,17
Promedio resistencias:				<b>1,20</b>



b) Bloques de concreto.

Tabla 55. Adherencia del friso de arena producto de la extracción de Níquel en bloques de concreto.

Muestra	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Tipo de falla	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	25	31,40	Mortero de friso	1,26
B	25	27,70	Mortero de friso	1,11
C	25	29,50	Mortero de friso	1,18
D	25	27,30	Mortero de friso	1,09
E	25	27,10	Mortero de friso	1,08
F	25	27,60	Mortero de friso	1,10
Promedio resistencias:				<b>1,14</b>

## 7. ANALISIS DE RESULTADOS

En este punto se realizan los correspondientes análisis de resultados obtenidos en los diferentes ensayos efectuados a ambos materiales en estudio, apoyando estos análisis con una serie de tablas comparativas, al fin de describir el comportamiento de los mismos en las pruebas a las cuales fueron sometidos.

### 1. Comparación de granulometría.

En la tabla 56 se aprecia que la arena amarilla convencional posee tamaño de granos más gruesos que la arena producto de la extracción de Níquel y ésta última posee un tamaño máximo menor que el pasante por el tamiz N° 4 al no quedar material alguno retenido en dicho tamiz.

Tabla 56. Comparación de granulometría de las arenas en estudio.

Nº Cedazo	Porcentaje retenido acumulado arena amarilla convencional	Porcentaje retenido acumulado arena producto de la extracción de Níquel.
4	13,20	0
8	29,40	13,15
16	44,60	35,06
30	60,00	55,98
50	73,60	72,31
100	84,80	82,67
200	95,40	93,63
Pasante 200	100,00	100,00

## 2. Comparación de Pesos Unitarios.

En la tabla 57 se observan las relaciones de peso/volumen de ambos materiales tanto compacto como suelto y en ambos la arena amarilla convencional posee una mayor relación con respecto a la arena producto de la extracción de Níquel, esto se entiende que al diseñar la mezcla por volumen el material alternativo posee menor peso que el convencional y al diseñar la mezcla por peso se requerirá de mayor volumen del material alternativo con respecto al convencional.

Tabla 57. Comparación de pesos unitarios de las arenas en estudio.

Material	Relación peso/volumen compacto	Relación peso/volumen suelto
Arena amarilla convencional	1,59	1,35
Arena producto de la extracción de Níquel	1,19	1,09
Relación entre materiales	<b>1,46</b>	<b>1,24</b>

## 3. Comparación de resistencias a la compresión.

En la tabla 58 se comparan los resultados obtenidos con las muestras hechas en los moldes descritos en las normas COVENIN y se obtuvo que la resistencia de la mezcla utilizando arena amarilla convencional es aproximadamente cuatro veces mayor que utilizando arena producto de la extracción de Níquel.

Tabla 58. Comparación de resistencias a la compresión utilizando moldes normativos de las arenas en estudio.

Material	Resistencia a la compresión ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )		
	7 días	14 días	28 días
Arena amarilla convencional	77,39	106,78	108,44
Arena producto de la extracción de Níquel	18,77	27,42	27,66
Relación entre materiales	<b>4,12</b>	<b>3,89</b>	<b>3,92</b>

La tabla 59 presenta la misma comparación de resistencia que la anterior, pero esta vez con las probetas hechas con los moldes de madera, en este caso la relación de resistencia entre las mismas disminuye a aproximadamente tres veces, siendo todavía la arena amarilla convencional más resistente que la arena producto de la extracción de Níquel.

Tabla 59. Comparación de resistencias a la compresión utilizando moldes hechos de madera de las arenas en estudio.

Material	Resistencia a la compresión ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )		
	7 días	14 días	28 días
Arena amarilla convencional	45,00	61,98	79,40
Arena producto de la extracción de Níquel	15,20	23,74	25,57
Relación entre materiales	<b>2,96</b>	<b>2,61</b>	<b>3,11</b>

Realizadas las comparaciones de las resistencias a la compresión entre los materiales, ahora se realizan para los diferentes moldes utilizados. En la tabla 60 se comparan las probetas hechas con la arena amarilla convencional con los distintos moldes y se puede apreciar una diferencia en los valores que puede llegar a ser el doble.

Tabla 60. Comparación de resistencias a la compresión de la arena amarilla convencional utilizando los distintos moldes.

Molde	Resistencia a la compresión ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )		
	7 días	14 días	28 días
Descrito en norma COVENIN	77,39	106,78	108,44
Hecho de madera	45,00	61,98	79,40
Relación entre moldes	<b>1,72</b>	<b>1,72</b>	<b>1,37</b>

En la tabla 61 se comparan las probetas hechas con la arena producto de la extracción de Níquel en los distintos moldes, en este caso no se aprecia variación significativa en los resultados de las mismas.

Tabla 61. Comparación de resistencias a la compresión de la arena producto de la extracción de Níquel utilizando los distintos moldes.

Molde	Resistencia a la compresión ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )		
	7 días	14 días	28 días
Descrito en norma COVENIN	18,77	27,42	27,66
Hecho de madera	15,20	23,74	25,57
Relación entre moldes	<b>1,23</b>	<b>1,16</b>	<b>1,08</b>

Además se puede observar en las tablas comparativas que los valores de la resistencia a la compresión a los 14 y a los 28 días fueron muy similares.

#### 4. Comparación de Durabilidad.

Para realizar el análisis de este ensayo no se considera necesario el uso de tabla comparativa alguna, basta con remitirse a los resultados expresados en las tablas desde la 22 hasta la 43, donde se aprecia que ambos materiales en estudios no sufrieron variaciones importantes en sus características físicas y salvo pequeños detalles, las losas utilizadas permanecieron iguales desde su extracción de la piscina de curado hasta el final del ciclo.

#### 5. Comparación de Resistencia al impacto.

Otro ensayo que no amerita el uso de tabla comparativa, ya que en las tablas desde la 44 hasta la 51 se aprecia que las losas hechas con arena amarilla convencional resisten mayor el impacto al dejar huellas menores que las hechas con arena producto de la extracción de Níquel donde en las losas el impacto generó huellas de mayores dimensiones e incluso se produjo la falla en una de ellas con el impacto a los tres metros.

#### 6. Comparación de Adherencia.

En la tabla 62 se comparan los resultados obtenidos con las muestras hechas con bloques de arcilla y se obtuvo que la variación de las resistencias de las mezclas no fue significativa.

Tabla 62. Comparación de adherencia del friso utilizando bloques de arcilla de las arenas en estudio.

Material	Resistencia a la tracción ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
Arena amarilla convencional	1,20
Arena producto de la extracción de Níquel	1,20
Relación entre materiales	<b>1</b>

En la tabla 63 se comparan los resultados obtenidos con las muestras hechas con bloques de concreto y se obtuvo que la variación de la resistencia de las mezclas no fue significativa.

Tabla 63. Comparación de adherencia del friso utilizando bloques de concreto de las arenas en estudio.

Material	Resistencia a la tracción ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
Arena amarilla convencional	1,43
Arena producto de la extracción de Níquel	1,14
Relación entre materiales	<b>1,25</b>

Realizadas las comparaciones de la adherencia del friso entre los materiales, ahora se realizan para los diferentes tipos de bloques utilizados. En la tabla 64 se comparan las probetas hechas con la arena amarilla convencional con los distintos tipos de bloque y se puede apreciar que no existe una diferencia significativa en los valores de resistencia a tracción de los mismos.



Tabla 64. Comparación de adherencia del friso de la arena amarilla convencional utilizando los diferentes tipos de bloques.

Tipo de bloque	Resistencia a la tracción ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
Bloque de arcilla	1,20
Bloque de concreto	1,43
Relación entre tipo de bloques	<b>1,19</b>

En la tabla 65 se comparan las probetas hechas con la arena producto de la extracción de Níquel utilizando los distintos tipos de bloques, en este caso, también se aprecia que la variación de los resultados entre un tipo de bloque y el otro no es significativa.

Tabla 65. Comparación de adherencia del friso de la arena producto de la extracción de Níquel utilizando los diferentes tipos de bloques.

Tipo de bloque	Resistencia a la tracción ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
Bloque de arcilla	1,20
Bloque de concreto	1,14
Relación entre tipo de bloques	<b>1,05</b>

A pesar que los resultados de la resistencia a tracción en las probetas fueron similares en todos los casos hay que resaltar que el tipo de falla en las mismas fue completamente distinto, ya que en la mezcla de mortero elaborada con arena amarilla convencional el tipo de falla fue de adherencia del friso y en el caso de la arena producto de la extracción de Níquel fue directamente del mortero.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. Conclusiones.

Los análisis realizados en el punto anterior basado en los resultados obtenidos en los distintos ensayos para ambos materiales en estudio, permiten establecer conclusiones y consideraciones de importancia que se describen en párrafos posteriores.

En primer lugar, en cuanto a la granulometría de las arenas en estudio, se aprecia que estas son muy similares, aunque la arena producto de la extracción de Níquel no presenta retención en el tamiz N° 4, por lo que es un poco más fino.

De la misma manera, se puede concluir que la arena amarilla convencional posee mayor peso unitario que la arena producto de la extracción de Níquel.

En cuanto a la resistencia a la compresión estudiada para ambos materiales, queda muy claro que existe una variación importante en la misma, ya que la arena amarilla convencional resiste aproximadamente cuatro veces más compresión que la arena producto de la extracción de Níquel.

Respecto a la comparación realizada entre el molde regulado por la norma COVENIN y los moldes elaborados de madera con las mismas dimensiones, se aprecia que en estos últimos los valores arrojados son variables, pudiendo llegar estos a la mitad de la resistencia a la compresión que las probetas elaboradas con el molde permitido por la norma.

Otro punto importante a mencionar en la evaluación de la resistencia a la compresión, es que los valores obtenidos en los ensayos a las probetas tanto a los 14 como a los 28 días fueron similares en ambos materiales, lo cual, debido a los pocos estudios de las mezclas de morteros en este sentido, no se puede concluir que los mismos alcanzan su resistencia máxima a los 14 días o es un caso único de los materiales utilizados en la realización de las probetas. Este caso específico no será analizado en profundidad, ya que no está estipulado dentro del alcance de este trabajo, pero se menciona para que se tenga presente en futuras investigaciones sobre el tema.

Por su parte se comprueba la durabilidad en el tiempo de las mezclas hechas con ambos materiales ya que no sufrieron cambios significativos en el proceso del ensayo.

Para la resistencia al impacto se concluye que la arena amarilla convencional resiste mayor impacto que la arena producto de la extracción de Níquel, siendo esta última un poco más frágil y se puede fracturar con mayor facilidad.

En el estudio de la adherencia del mortero de las mezclas elaboradas, aunque los valores a tracción fueron similares en todos los casos, se tiene que la arena producto de la extracción de Níquel presenta mayor adherencia al fallar el mortero durante la realización de las pruebas, mientras que la arena amarilla convencional presenta menor adherencia ya que falla fue del friso por adherencia con el bloque en ambos casos.

A pesar que la diferencia de valores en la resistencia a compresión es importante, no es completamente influyente a la hora de tomar una decisión final, por lo tanto, en líneas generales se concluye que el uso de la arena producto de la extracción de Níquel en la construcción y frisado de paredes de bloque resulta factible.

## 2. Recomendaciones.

Se recomienda no utilizar para ensayos oficiales los moldes hechos de madera para realizar los cubos de obtención de la resistencia, ya que la variación en los resultados no tiene un rango preciso.

Realizar un estudio más profundo de la resistencia a la compresión de los morteros para la construcción y frisado de paredes de bloque y así obtener el rango de variación aproximado.

Al trabajar con la arena producto de la extracción de Níquel, se debe proceder con cierta rapidez ya que la mezcla se adhiere muy fácilmente al recipiente de mezclado.

Otro aspecto importante es el control que se debe tener con lo relacionado a la preparación del adherente epóxico, ya que son compuestos químicos que una vez mezclado el componente A con el componente B tienen un tiempo limitado para proceder a su aplicación, que va a depender de las condiciones ambientales del lugar donde se esté trabajando, y se debe tener la previsión de preparar la cantidad adecuada que se pueda aplicar en cierto lapso de tiempo, sin excederse, para garantizar que el producto actúe de manera adecuada. Lo recomendable es que el mezclado de los componentes A y B, se realice con un taladro de baja revolución, para garantizar la homogeneidad del producto, sin embargo el mezclado puede realizarse con una espátula o algún otro implemento que lo permita. Así mismo, se deben tomar las previsiones correspondientes, para que el tiempo transcurrido entre la aplicación del epóxico en la superficie y la colocación del bloque o el conjunto, sea lo más corto posible, ya que el adhesivo epóxico, a pesar de ser de consistencia espesa, es bastante escurridizo, y esto puede facilitar que el espesor de la capa de epóxico aplicada, disminuya y no sea uniforme, producto del escurrimiento.

De igual forma, el personal que vaya a aplicar el epóxico debe tener especial cuidado en el manejo del mismo, ya que son productos que pueden resultar muy tóxicos para el humano, y en consecuencia se deben tomar medidas de seguridad industrial como la utilización de guantes, tapabocas, y otros implementos que eviten el contacto con la piel y las mucosas.

Por último, se recomienda realizar un estudio del mortero con arena producto de la extracción de Níquel aplicándolo en paredes, para estudiar sus propiedades en una escala real y comprobar su uso como mortero para la construcción y frisado de paredes de bloques.

## 9. REFERENCIAS

Breve historia del mortero. [Material vía web]. Disponible: <http://materialesconstrunorte.com/?p=1156> [Consulta: 2013, Noviembre 23].

COVENIN 42 – 82. (s.f.). Bloques huecos de concreto. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 221 – 2001. (s.f.). Materiales de construcción. Terminología y definiciones. (1<sup>ra</sup> revisión). Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 255 – 1998. (s.f.). Agregados. Determinación de la composición granulométrica. (1<sup>ra</sup> revisión). Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 263 – 78. (s.f.). Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 268 – 1998. (s.f.). Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción. (1<sup>ra</sup> revisión). Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 484 – 93. (s.f.). Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50,8 mm de lado. (3<sup>ra</sup> revisión). Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 2385 – 2000. (s.f.). Concreto y mortero. Agua de mezclado. Requisitos. (1<sup>ra</sup> revisión). Caracas, Venezuela: Fondonorma.

Decreto 2216. (1992). Normas para el manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial, o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos. Caracas, Venezuela.

Decreto 2635. (1998). Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. Caracas, Venezuela.

Determinación de la resistencia al impacto. Madrid. [Material vía web]. Disponible: <http://los-otros-lab.blogspot.com/2006/05/determinacin-de-la-resistencia-al.html>. [Consulta: 2013, Agosto 15].

Los morteros. [Material vía web]. Disponible: <http://www.arquigrafico.com/tipos-de-morteros-para-la-construccion/> [Consulta: 2013, Noviembre 19].

Martínez, Pablo (1987). Características del friso a base de agregados livianos. Trabajo Especial de Grado presentado en la Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Porrero S., Joaquín; Ramos R., Carlos; Grases G., José; Velazco, Gilberto J. (2009). Manual del Concreto Estructural. Impresos Minipres, C. A. Caracas.

## 10. ANEXOS

Figura 3. Balanza utilizada para pesar las probetas a ensayar.



Figura 4. Vernier utilizado para tomar las medidas en las probetas.





Figura 5. Probetas hechas con arena producto de la extracción de Níquel con los distintos moldes listas para realizar ensayo a compresión.



Figura 6. Probeta hecha con arena amarilla convencional en molde normativo ensayada a compresión.



Figura 7. Probeta hecha con arena amarilla convencional en molde de madera ensayada a compresión.



Figura 8. Probeta hecha con arena producto de la extracción de Níquel en molde normativo ensayada a compresión.



Figura 9. Probeta hecha con arena producto de la extracción de Níquel en molde de madera ensayada a compresión.



Figura 10. Muestra para ensayo de adherencia hecha con bloque de arcilla.



Figura 11. Muestras para ensayo de adherencia hechas con bloque de concreto.



Figura 12. Accesorios para colocar las muestras de adherencia en la máquina de ensayo.



Figura 13. Muestra de adherencia ya ensayada donde se aprecia claramente la falla del friso por adherencia con el bloque.



Figura 14. Máquina de ensayo de probetas para obtener la adherencia.



Figura 15. Muestras para obtener la durabilidad en el horno.



Figura 16. Muestra de durabilidad extraída del horno.



Figura 17. Muestras de durabilidad en la piscina.



Figura 18. Muestras de durabilidad extraídas de la piscina.





Figura 19. Esfera utilizada en ensayo de impacto.



Figura 20. Muestra hecha con arena amarilla convencional luego de realizado en ensayo de resistencia al impacto.

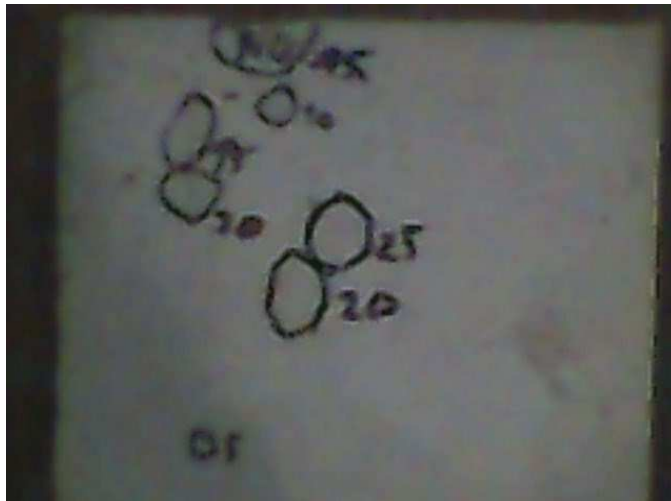




Figura 21. Muestra hecha con arena producto de la extracción de Níquel luego de realizado en ensayo de resistencia al impacto.

