



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**FABRICACIÓN DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO
CON ADICIÓN DE ESCORIA DE MATA DE NÍQUEL**

Maynor Estuardo López García

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FABRICACIÓN DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO
CON ADICIÓN DE ESCORIA DE MATA DE NÍQUEL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MAYNOR ESTUARDO LÓPEZ GARCÍA

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

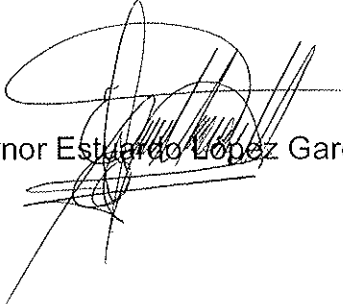
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Ronal Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FABRICACIÓN DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE MATA DE NÍQUEL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha marzo de 2010.


Maynor Estuardo López García



Guatemala, 10 de octubre de 2011

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR


Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **FABRICACIÓN DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE MATA DE NÍQUEL**, elaborado con el estudiante universitario Maynor Estuardo López García, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario López García satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"


Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA

Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera Civil
Col. 5947



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Maynor Estuardo López García, titulado FABRICACIÓN DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE MATA DE NÍQUEL, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

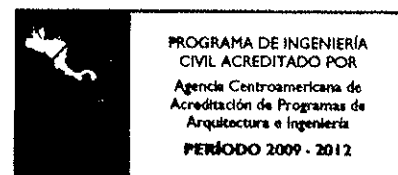

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2012

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 149.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **FABRICACIÓN DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE MATA DE NÍQUEL**, presentado por el estudiante universitario **Maynor Estuardo López García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 28 de marzo de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y la sabiduría para llegar a cumplir la meta en esta etapa de mi vida.
Mis padres	Pascual López Borrayo y Angelina García de López, por darme todo su apoyo incondicional para luchar y lograr esta meta trazada, por estar siempre conmigo motivándome.
Mi amada esposa	Cindy Beatriz Cifuentes Martínez de López por ser parte importante en mi vida y por su apoyo incondicional.
Mi amado bebé	Cristopher Emanuel López Cifuentes por ser el motor de mi vida para seguir adelante.
Mis hermanos	Angélica Beatriz y Luis Enrique, gracias por su compañía a lo largo de mi carrera.
Mis sobrinos	Dulce y Bernar.
Mis abuelos	Lucio López (q.e.p.d.), Felisa Borrayo de López (q.e.p.d.), por brindarme la mejor semilla para la vida, sabiduría.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la oportunidad de lograr una meta más en mi vida.
Inga. Dilma Mejicanos	Por su apoyo y confianza en esta investigación.
Mis amigos	Luis Chamalé, William Abad, José Manuel, Sandra Suazo.
Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	Por el apoyo en la realización de ensayos.
Compañía Guatemalteca de Níquel	Por la oportunidad de realizar este trabajo de graduación.
Fábrica de pisos y baldosas RODMOSA	Por brindarme el apoyo y espacio para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ENFOQUE AMBIENTAL	1
1.1. Antecedentes y características de la planta.....	1
1.2. Descripción de impacto ambiental	3
1.3. Mitigación.....	6
1.3.1. Medidas de mitigación contemplada	8
1.4. Prevención	9
1.5. Manejo de recursos	9
1.5.1. Puntos de alteraciones del suelo	9
1.5.2. Manejo del suelo	10
1.6. Manejo y conducción de escoria de mata de níquel	11
2. GENERALIDADES EN TORNO A LAS BALDOSAS DE CONCRETO	13
2.1. Definición	13
2.2. Sistemas de fabricación.....	14
2.2.1. Industrial.....	14
2.2.2. Artesanal.....	15
2.3. Características generales de las baldosas y materias primas	16
2.3.1. Materiales empleados	16
2.3.1.1. Cemento.....	16

2.3.1.2.	Agua	17
2.3.1.3.	Agregados.....	17
2.3.2.	Especificaciones de calidad de fabricación.....	18
2.3.3.	Componentes de baldosa	18
2.4.	Banco de abastecimiento	19
2.4.1.	Polvo de mármol tipo “B”	19
2.4.2.	Granito número 2.....	20
2.4.3.	Polvo ordinario	20
2.4.4.	Arena Blanca	20
2.4.5.	Selecto.....	21
2.4.6.	Polvo de piedra.....	21
2.5.	Definición según su configuración	22
2.5.1.	Baldosa dobles	22
2.5.2.	Baldosines	23
2.5.3.	Losas	24
2.5.4.	Losetas	25
2.6.	Definición según la composición	26
2.6.1.	Baldosa hidráulica	26
2.6.2.	Baldosa de pasta	27
2.6.3.	Baldosa de terrazo.....	27
3.	REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE BALDOSAS DE CONCRETO SEGÚN FHA.....	29
3.1.	Especificaciones de fabricación según FHA.....	29
3.2.	Formas y dimensiones	29
3.2.1.	Dimensiones.....	29
3.2.2.	Formas.....	30
3.2.3.	Espesor.....	30
3.3.	Agregados	31

3.3.1.	Fino	31
3.3.2.	Grueso	31
3.3.3.	Granulometría	32
3.3.3.1.	Escoria de mata de níquel	32
3.3.3.2.	Polvo de piedra.....	34
3.4.	Aglomerantes.....	35
3.4.1.	Pastina	35
3.5.	Proporciones.....	36
3.5.1.	Materiales de fabricación	36
3.5.2.	Para capa de pastina (cara vista).....	36
3.5.3.	Para base de arena (espalda).....	36
4.	DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA BALDOSAS DECORATIVAS	37
4.1.	Diseño de mezcla para pastina de baldosa	37
4.2.	Diseño de mezcla para base de arena	38
4.3.	Proporciones de escoria de mata de níquel para pastina y base	38
4.4.1.	Descripción	38
4.4.	Resultados de ensayo de piezas	40
4.4.1.	Análisis comparativo de baldosas sin y con adición de escoria de mata de níquel.....	41
4.5.	Características físicas.....	42
4.5.1.	Absorción de agua	42
4.5.2.	Desgaste	42
4.5.3.	Resistencia al deslizamiento	42
4.6.	Propiedades mecánicas.....	43
4.6.1.	Resistencia al impacto	43
4.6.2.	Resistencia a la flexión	45

4.7.	Muestreo e inspección.....	46
4.7.1.	Inspección visual	47
4.8.	Baldosas de patio y de jardín	48
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS	
	A LAS BALDOSAS.....	49
5.1.	Ensayos.....	49
5.2.	Ensayo a flexión	49
5.2.1.	Definición	49
5.2.2.	Dimensiones	50
5.2.3.	Características.....	50
5.2.4.	Resultados de ensayo a flexión	51
5.2.5.	Carga aplicada.....	52
5.3.	Ensayo a impacto	53
5.3.1.	Maquinaria y equipo	53
5.3.2.	Dimensiones	53
5.3.3.	Cargas	53
5.3.4.	Máquina.....	54
5.3.5.	Procedimiento.....	54
5.3.6.	Resultados de ensayos a impacto	55
5.4.	Porcentaje de absorción.....	58
5.4.1.	Resultados de porcentaje de absorción.....	58
5.5.	Porcentaje de humedad	60
6.	DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA UTILIZADA	61
6.1.	Para la fabricación de baldosas.....	61
6.1.1.	Mezcla de materia prima.....	61
6.1.1.1.	Mezclado manual.....	61
6.1.1.2.	Característica de mezcladora concretera	62

6.1.2.	Fundición de baldosa	63
6.2.	Para ensayos y pruebas de laboratorio	65
6.2.1.	Toma de datos	65
6.2.2.	Ensayo a impacto.....	66
6.2.3.	Ensayo a flexión.....	68
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES.....		73
BIBLIOGRAFÍA.....		75
APÉNDICE.....		77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Banco de almacenamiento de escoria de mata de níquel	11
2.	Proceso de fabricación de baldosas	15
3.	Partes de la baldosa	19
4.	Materia prima utilizada en la fabricación de las baldosas	22
5.	Baldosa doble	23
6.	Baldosines	24
7.	Losas de patio	25
8.	Losetas	26
9.	Baldosa hidráulica.....	27
10.	Baldosa de terrazo.....	28
11.	Baldosa de medida estándar	30
12.	Polvo fino para agregado a baldosa	31
13.	Curva granulométrica de escoria de mata de níquel.....	33
14.	Curva granulométrica de polvo de piedra	34
15.	Sistema impacto – baldosa.....	44
16.	Sistema flexión – baldosa	46
17.	Muestreo de baldosa a ensayar.....	47
18.	Piezas de baldosas de patio y jardín	48
19.	Máquina universal y sistema flexión	50
20.	Mezclado manual.....	62
21.	Mezcladora	63
22.	Máquina moldeadora	64
23.	Llenado de molde	65

24.	Toma de datos, peso	66
25.	Prueba de impacto.....	67
26.	Escala de alturas	67
27.	Máquina universal para pruebas de flexión y adherencia.....	68
28.	Medición de carga aplicada	69

TABLAS

I.	Preocupación de la población y medidas de mitigación de impacto ambiental contemplada por el proyecto	7
II.	Características físicas de la escoria de mata de níquel.....	12
III.	Normas aplicables a los agregados por región.....	18
IV.	Porcentaje de escoria de mata de níquel que pasa en cada tamiz	33
V.	Porcentaje de polvo de piedra que pasa en cada tamiz	34
VI.	Especificaciones de uso según sus características	35
VII.	Proporciones utilizadas para la pastina de la baldosa	37
VIII.	Proporciones utilizadas para la base de la baldosa	38
IX.	Porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel utilizado para pastina de baldosa.....	39
X.	Porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel utilizada para base de baldosa	39
XI.	Porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel utilizada para pastina y base de baldosa	40
XII.	Comparación de las especificaciones FHA y resultados de ensayo ...	41
XIII.	Normas que hacen referencia al sistema por muestreo	46
XIV.	Baldosas ensayadas a 14 días flexión.....	51
XV.	Baldosas ensayadas a 21 días flexión.....	52
XVI.	Baldosas ensayadas a 14 días impacto	56
XVII.	Baldosas ensayadas a 21 días impacto	57

XVIII.	Baldosas ensayadas a 14 días porcentaje de absorción	59
XIX.	Baldosas ensayadas a 21 días porcentaje de absorción	60

GLOSARIO

Agregado	Material granular inerte como la arena y el pedrín, que puede ser utilizado para mezclas con otros materiales.
Aglomerante	Material utilizado para unir una o varias sustancias y dar cohesión.
Agua	Componente que se utiliza para generar reacciones químicas en los cementantes del concreto hidráulico o del mortero de cemento portland.
Agregado fino	Material inerte, producto de la naturaleza, trituración o escorias de altos hornos, también se tiene el polvo de mármol, estos de granulometría fina.
Agregado grueso	Material inerte, producto de la naturaleza, trituración o escorias de altos hornos, también se tiene la arena, grava, el granito, entre otros.
ASTM	American Society of Testing and Materials o Sociedad Americana para el Ensayo e Inspección de los Materiales.

Baldosa	Pieza manufacturada, normalmente horneada, que puede ser de distintos materiales y estas son usadas generalmente para cubrir pisos y paredes.
Baldosín	Es una pieza de baldosa más pequeña que las demás, usada para revestir paredes, son llamados también azulejos.
Coguanor	Comisión Guatemalteca de Normas.
Colorante	Polvo fino que se utiliza para darle distintos fondos de color a las baldosas, éste se puede agregar al cemento.
Curado	Mantenimiento que se le da a las baldosas en óptimas condiciones, este proceso se realiza a temperatura ambiente.
CGN	Compañía Guatemalteca de Níquel.
Densidad	Relación entre el volumen bruto y la masa, peso, de una unidad o espécimen.
Durabilidad	Habilidad de un material para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión y otras condiciones de servicio.

Ensayo	Se denomina así a toda prueba que se le realiza a un material, cuyo fin es determinar sus propiedades físico–mecánicas, estos pueden ser destructivos y no destructivos.
Escoria	Residuo impuro formado fundamentalmente por calcio, hierro, aluminio y silicato de magnesio, que aparece en el proceso de producción de arrabio y acero y en la fundición de metales como el cobre, el plomo o el níquel.
FHA	Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas.
Flexión	Ensayo destructivo que se realiza aplicando una fuerza perpendicular a la pieza en el centro, hasta que ésta tiende a fallar y/o fracturarse.
Granulometría	Es la distribución del tamaño de las partículas de una muestra de agregado, determinada por separación mediante una serie de tamices estandarizados.
Humedad	Cantidad de agua retenida por una pieza en temperatura ambiente.

Manufacturado	Producto que se fabrica con medios mecánicos, ya sea en forma artesanal o industrial.
Mezcla	Incorporación de varios materiales que dan como resultado una masa maleable, la cual es utilizada para pegar y/o fabricar piezas.
Molturación	Proceso de operaciones que pretenden la reducción de las dimensiones del material que desde la premolturación hasta la pulverización.
Muestra	Porción de material tomado de un banco de materiales que sirve para analizar y aportar información con respecto a las características que posea.
Norma	Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona para un uso común repetido, reglas, directrices o características para actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.
Pasta	Mezcla de arcillas y otros ingredientes susceptibles de ser quemados que sirve para fabricar baldosas.

Pastina	Capa superior de la baldosa, en la cual se realizan los diseños que llevará como acabado la pieza final.
Plasticidad	Característica de la arcilla que le permite ser moldeada y retener la forma, sin deformarse.
Porosidad	Capacidad que tiene un material de absorber líquidos, dado al volumen de huecos que posea.
Polvo fino	Residuo fino de mármol que se utiliza como agregado fino de la mezcla para las baldosas.
Trabajabilidad	Característica plástica de un mortero en cuanto a su facilidad para ser colocado o extendido dentro de una cimbra o molde.

RESUMEN

La fabricación de baldosas en Guatemala es muy diversa, ya que existen diversas industrias que se dedican a éste proceso, así como diversos materiales para la elaboración de las mismas, estas baldosas son utilizadas para decoraciones de patios, jardines, caminamientos y para otros tipos de decoraciones en exteriores.

Los materiales de estos no importando el lugar donde se fabriquen, no cambian su composición, ya que estos son materiales estándares, cambiando únicamente el lugar de extracción así como las proporciones utilizadas por cada región.

En éste ensayo se presenta una nueva composición de material para incluirlo no como sustituto, sino como un nuevo componente en dicha fabricación, este material es producido por el residuo de la mata de níquel, denominado escoria de mata de níquel, este material al incluirlo en las baldosas ha elevado su resistencia al impacto y a la flexión, también se disminuye el porcentaje de absorción a la humedad, con lo cual los beneficios de la mata de escoria de níquel en la fabricación de baldosas viene a determinar un material innovador en el mercado de los materiales de construcción.

El uso y el manejo de la escoria de mata de níquel en los materiales de construcción es de nueva inclusión, sin embargo, los estudios que se han realizado han demostrado que este material mejora su calidad.

OBJETIVOS

General

Fabricar baldosas decorativas de concreto con adición de escoria de mata de níquel para evaluar su comportamiento físico – mecánico.

Específicos

1. Determinar el nivel de contaminación ambiental que este material produce, por las grandes cantidades de escoria de mata de níquel que actualmente están acumuladas, y que tanto contamina el suelo o el manto freático.
2. Evaluar el impacto que la escoria de mata de níquel produce al colocarlo como agregado, en la fabricación de las baldosas decorativas de concreto.
3. Determinar por medio de ensayos de laboratorio, un análisis comparativo entre la diferencia de una pieza fabricada sin adición de escoria de mata de níquel, con otra que si fue fabricada con adición de escoria de mata de níquel.
4. Diseñar una adecuada dosificación en base al FHA para una fabricación óptima de baldosas decorativas de concreto con adición de escoria de mata de níquel.

INTRODUCCIÓN

El sector de la industria que se dedica a la fabricación de baldosas decorativas de concreto, ha venido evolucionando en la construcción, las medidas y estándares de fabricación, así como la innovación de nuevos materiales para su fabricación, le han dado importancia a la actividad de investigación y desarrollo con miras a mejorar la producción de este material. Las baldosas que a diferencia de las fabricadas tradicionalmente se estudia incluirle escoria de mata de níquel en la mezcla, este material es un elemento que puede presentarse en distintas formas en la naturaleza, este material es útil para la fabricación de monedas, tuberías, chapas, entre otros.

Este material se obtiene de los bancos de abastecimiento de la planta de proceso de níquel ubicada en Km. 4,5, Ruta Nacional 7E, carretera que conduce de El Estor a Panzós municipio de El Estor, departamento de Izabal, la cual está extrayendo la mata de níquel y dejando grandes cantidades de escoria a la que se le está buscando una utilidad en la construcción.

Estas baldosas se fabrican en distintos lugares en todo el país sin contar con un documento que norme tanto los materiales como las medidas específicas, en este documento se mencionan medidas, proporciones, pesos, materia prima y agregados, así como los resultados obtenidos en los ensayos.

La innovación de los materiales de construcción tiene como objetivo una búsqueda de nuevas opciones en materias primas, tal es el caso de la escoria de mata de níquel que se está utilizando como agregado fino en la fabricación de elementos de revestimiento y/o decoración.

1. ENFOQUE AMBIENTAL

1.1. Antecedentes y características de la planta

Compañía Guatemalteca de Níquel Sociedad Anónima, empresa que extrae la mata de níquel y a su vez la escoria de mata de níquel, empresa que tiene como parte de su proceso de actualización y ampliación de la planta de procesos de níquel la tarea de implementar los diferentes usos en distintos materiales, tal es el caso de los materiales de construcción, por lo que la presente investigación se enfoca en la fabricación de baldosas y el correspondiente análisis físico – mecánico.

Como parte de la conservación, la herencia de la tierra, la biodiversidad global y demostrar que las sociedades humanas están dispuestas a vivir en armonía con la naturaleza, CGN ha priorizado mecanismos para promover de manera sostenible actividades que ayuden a no destruir los recursos naturales y de beneficio a las poblaciones locales, los corredores de conservación ofrecen una manera de combinar conservación con el desarrollo sostenible, reduciendo la continua destrucción de la biodiversidad, tomando como herramienta flexible de planificación que conecta áreas protegidas a través de una combinación del trabajo y el servicio.

El proyecto se desarrolla en un área donde anteriormente operó una planta industrial con el mismo propósito; es decir, obtener un producto compuesto de níquel (en ese entonces se obtenía un producto denominado mata de níquel) que de acuerdo con información proporcionada por los

promotores, dicha planta industrial dejó de operar en 1980, observándose en la actualidad dichas instalaciones en el área.

En razón de lo anterior, el sitio que será objeto del proyecto, corresponde a un área intervenida con anterioridad, donde la actividad propuesta ha sido de tipo industrial y por ello la infraestructura existente será mejorada para recuperar activos que han estado sin uso específico y que no han sido de ningún beneficio; no obstante la inversión realizada, la ampliación, el mejoramiento y mantenimiento de la misma serán actividades que deberán ser prioridad para que funcionamiento de la planta se mantenga en su totalidad y esto coadyuve al ecosistema.

El proceso a su vez será de nueva tecnología y reemplazará la tecnología inicialmente propuesta. En efecto, la tecnología inicial de ese entonces, para producir mata de níquel, requería mezclar y fundir el mineral proveniente de las minas con azufre (S), el cual puede generar óxidos ácidos como el dióxido de azufre (SO₂) y el trióxido de azufre (SO₃) que al combinarse con la lluvia puede generar lluvia ácida por presencia de ácido sulfúrico (H₂SO₄).

En ese sentido, el actual proceso propuesto, posee la novedad tecnológica de no emplear azufre para producir el producto, éste no será Ferroníquel (FeNi) sino un material denominado mata de níquel, cuyo proceso se caracteriza por no requerir azufre y por ser de nueva tecnología, con especial énfasis en la calidad del proceso productivo, la optimización en el uso de recursos y los dispositivos de control y de protección ambiental propuestos; por lo cual y para el proceso productivo propuesto, no existirán efluentes de aguas residuales, gases, polvos u otros residuos sin tratar.

1.2. Descripción de impacto ambiental

El proyecto objeto de evaluación de impacto ambiental, corresponde a una planta de producción de ferroníquel, la cual tendrá beneficios importantes para la localidad, al generar fuentes de trabajo y potencial de desarrollo industrial, sin desatender el compromiso de protección ambiental, lo cual representará un beneficio para la calidad de vida de la población.

Para una mayor comprensión del proyecto, éste puede dividirse básicamente en las siguientes etapas principales: etapa de selección del sitio, etapa de implementación, etapa de operación y mantenimiento de instalaciones y equipo y etapa de cierre y recuperación del sitio.

Etapa de selección del sitio: consiste básicamente en evaluar la factibilidad del proyecto considerando su ubicación, que por corresponder a un área intervenida desde tiempo atrás la cual cuenta con una planta industrial de procesamiento de mineral, áreas de abasto de materias primas, cercanía a una población con potencial de fuerza laboral y un desarrollo industrial en la zona programado tiempo atrás en el lugar, se eligió dicha ubicación, con lo cual se pretende utilizar un área compatible con el desarrollo, que por presentar cierta fragilidad socioambiental, estar empleando un proceso productivo de nueva tecnología, con énfasis en la optimización de recursos y la protección ambiental.

Etapa de implementación: dividida en construcción de obra civil e instalación de equipo.

Construcción de obra civil: en virtud de que ya existen obras civiles instaladas que pueden ser empleadas, se procederá primeramente a su limpieza y rehabilitación. La poca obra civil restante, será esencialmente para

cimentación de nuevas estructuras, en donde por corresponder a un área ya intervenida y de topografía relativamente plana, no requerirá de mayores movimientos de tierra y además el material del zanjeo para cimentación prácticamente será utilizado en el terreno para relleno, por lo cual el residuo de obra civil será no significativo.

Aquellos equipos que por seguridad en el nuevo proceso y por el cambio de tecnología, hacia una tecnología más eficiente y limpia, necesiten ser removidos, serán desmontados. Dado que estos equipos a desmontar son en su mayoría equipos de cuerpo metálico, serán desensamblados y luego transportados por vehículos autorizados para el efecto, hacia empresas privadas para reciclaje de piezas metálicas en virtud que prácticamente será material con potencial de reciclaje por terceros.

Al igual que cualquier residuo de obra civil, todo residuo que no pueda ser reutilizado o promovido para reciclaje, será dispuesto en sitio autorizado para el efecto por la municipalidad de la localidad.

Instalación de equipo: el equipo de nueva tecnología que se reciba en planta, se procederá primeramente a su instalación y montaje, incluidos los equipos de protección ambiental, que serán instalados previo a cualquier operación y probados en su correcto funcionamiento.

Finalizada la instalación, se considera que los residuos serán poco significativos y asociados esencialmente con botes de pintura, toallas, arena, objetos de lijado de superficie, etc., estos materiales serán desalojados hacia sitios autorizados previamente por la Municipalidad de El Estor, teniendo una disposición fuera de áreas protegidas y de forma sanitaria.

Etapa de operación y mantenimiento de instalaciones y equipo: dentro de este proceso existen operaciones unitarias básicas que se inician con la recepción de la materia prima, luego trituración, almacenamiento temporal, secado, calcinado, fundido, refinado, recuperado y empaque del producto terminado.

Derivado que en el proceso se generarán áreas donde pueda haber polvo, polvillo, gases y riesgos asociados con calor; por las operaciones anteriormente indicadas y en particular en el proceso de, calcinado y fundición, se contará con medidas de mitigación de impacto ambiental, que esencialmente corresponden a dispositivos automatizados de control, donde cada área de trabajo indicada, tendrá equipos de protección ambiental, como campanas de extracción de polvos, polvillos y gases, recuperadores de polvos y polvillos y tratamiento de gases por lavado y filtrado.

Así mismo, se contará con sistema de control contra incendios, brigada industrial y personal capacitado y entrenado para el efecto, así como un plan de seguridad e higiene industrial, como puede apreciarse en anexos al presente estudio.

Etapa de cierre y recuperación del sitio: la empresa tiene planificada una operación mínima de 30 años, siendo su objetivo lograr una operación a más largo plazo, pero esencialmente depende de las condiciones del medio, en todo caso de darse un plan de abandono al final de este período o por causa fortuita antes, la primera medida será poder negociar los activos de la empresa y su operación para que puedan instituciones o empresas interesadas seguir operando puesto que será una planta de nueva tecnología para el procesamiento de materiales.

1.3. Mitigación

Este es un proceso por el cual se determinan los pasos y procesos para disminuir y/o erradicar la contaminación antes, durante y después de ejecución del proyecto.

El escenario ambiental del proyecto se encuentra modificado desde tiempo atrás por corresponder a un área que anteriormente fue utilizada para las actividades de procesamiento de mineral, por lo cual, el proyecto vendrá a incorporarse de forma ordenada y planificada al escenario ambiental existente.

Podrán existir durante el desarrollo del proyecto, ciertas emisiones de partículas de forma poco significativa, derivadas de las labores relacionadas con la manipulación de materiales de construcción y obra civil, así como también partículas de polvo por la acción del viento y el paso de vehículos sobre áreas susceptibles a la erosión al interior del terreno del proyecto.

Asimismo, podrán generarse de forma no significativa, gases de combustión y sonidos por parte de los vehículos de transporte de materiales e insumos, camiones cisterna, y de la maquinaria ha ser utilizada para las labores de zanjeo de cimentaciones de estructuras a implementar y otras que eventualmente puedan ser requeridas.

En atención a lo anteriormente indicado, la empresa promotora del proyecto velará durante esta etapa porque los vehículos de transporte de materiales y maquinaria en general, apaguen su motor al estar dentro del terreno para evitar emitir gases o sonidos a la atmósfera de forma innecesaria; asimismo rociará agua en las zonas susceptibles a levantar polvo como consecuencia de la acción del viento, principalmente en época seca.

El personal de labores por su parte, será dotado con equipo de protección personal por medio de cascos, guantes, mascarillas, uniformes, cinchos de carga, entre otros de acuerdo a las condiciones del trabajo.

Tabla I. Preocupaciones de la población y medidas de mitigación de impacto ambiental contemplada por el proyecto

Preocupación de la población	Medida de mitigación contemplada
Suministro de agua para las comunidades.	Uso racional del agua en el proceso, esencialmente para sistemas de protección ambiental como incendio, evitar generar partículas a la atmósfera.
Descarga de efluentes de proceso.	No se descargarán efluentes de aguas residuales (el proceso productivo no genera aguas residuales según se indicó con anterioridad).
Impacto sobre la calidad del agua del lago de Izabal.	No se descargarán efluentes de aguas residuales al lago de Izabal.
Degradación del bosque.	Se utilizará un área intervenida donde actualmente existe una planta industrial que no requiere deforestar ningún área.
Disposición de basura.	Se contará con relleno sanitario para la escoria y relleno industrial, se apoyará de forma complementaria la implementación de un relleno municipal para beneficio de la población.
Disminución de caza, pesca y Agricultura.	No se cazarán, pescarán ni se afectarán las actividades de agricultura en la zona sino que establecerán nuevas alternativas de trabajo honrado.

Fuente: CGN, promotores, con base en presentación del proyecto a la población. EIA 2007.

1.3.1. Medidas de mitigación de impacto ambiental para los sólidos

Los residuos sólidos durante esta fase corresponderán esencialmente a remoción de residuos de obra y de limpieza en general de las instalaciones, así como residuos sólidos domésticos a generarse por los trabajadores de obra.

Con respecto a los residuos sólidos de obra se generará una cantidad en el orden de los 3,2 quintales/día, los cuales serán desalojados de forma periódica, utilizando para ello transporte privado de desechos hacia sitio autorizado para el efecto por la municipalidad de la localidad y fuera de áreas protegidas.

Para los residuos sólidos provenientes de los trabajadores de obra se utilizarán recipientes plásticos provistos de bolsa negra para basura, con disposición por medio de transporte privado que los conducirá hacia sitio autorizados previamente por la municipalidad de la localidad, estimándose una cantidad promedio en el orden de 4 quintales por día durante la fase constructiva. Los equipos desinstalados, esencialmente metálicos, como chatarra, serán transportados por terceros, hacia sitios de reciclaje autorizados, dado su potencial para tal uso.

Todo residuo sólido que no pueda ser utilizado al interior del terreno para actividades de relleno, será dispuesto sanitariamente en sitio autorizado previamente por la municipalidad de la localidad.

Etapas de operación y mantenimiento básicamente pueden considerarse dos tipos de residuos sólidos: doméstico y de proceso.

1.4. Prevención

Los sistemas ecológicos locales proveen una serie de servicios que se reflejen en la calidad de nuestra vida. Los bosques por ejemplo además de su valor escénico brindan otros servicios como la producción de madera, conservación del suelo y el agua y por ende el control de las inundaciones, producción de oxígeno, amortiguador del ruido, enfriamiento del aire.

Es por ello que trabajando en el marco de la contaminación de los suelos y el agua, se determinan medidas que ayuden a fijar normas para evitar al mínimo la contaminación de estos sistemas que son de suma importancia a la vida humana.

1.5. Manejo de recursos

Los recursos que la naturaleza brinda tiene características únicas, ya que por ningún motivo artificial es posible generar todo aquello que se ha perdido, para ello los recursos se tienen que manejar con un ámbito legal, para que se cumpla estrictamente y así poder contar con el recursos por años, para el desarrollo de la humanidad.

1.5.1. Puntos de alteraciones del suelo

El suelo no ha sufrido un solo cambio, tomando en cuenta que Exmibal dejo retinadas cientos de toneladas de escoria de mata de níquel y estas han estado por más de 30 años, los elementos que contiene la escoria de mata de níquel, fueron evaluados y comprobados que no existe alteración alguna en el suelo y en las partes donde fue encontrado está muy por debajo de los límites en todos los caso, ya que la lixiviación del material no produce daño al suelo.

1.5.2. Manejo del suelo

Todo suelo debe ser tratado, según sea el uso que se le pueda brindar, a nivel del Municipio de El Estor, el uso actual del suelo manifiesta las acciones de las actividades agrícolas (17.18 %) con 49,760 hectáreas, pastoriles (6.08 %) con 17,608 hectáreas y forestales (44.44 %) con 128,697 hectáreas, entre otras.

La agricultura en la región, específicamente sobre las planicies que se han formado por el Polochic y su delta (forma triangular) sobre el lago de Izabal es buena; el sistema de inundaciones enriquece las características del suelo, propiciando una agricultura de tipo expansiva. Lo que más se produce es el área es el maíz, el frijol y el arroz.

En pequeñas escalas también se cultiva el cardamomo, café, cacao, yuca, tomate y achiote. Sin embargo, existen también elevaciones montañosas, que promueven los cambios de altitud y micro-climáticos, determinando un riesgo ambiental severo respecto a su uso agrícola sobre algunas regiones, principalmente en zonas donde existen grandes pendientes y laderas empinadas, como se puede observar en algunas zonas del municipio de El Estor.

Existen también zonas urbanas y áreas rurales en transición, principalmente sobre el casco urbano del municipio de El Estor y sobre su periferia, que se encuentra a pocos kilómetros sobre la carretera de acceso.

1.6. Manejo y conducción de escoria de mata de níquel

En la actualidad la escoria de mata de níquel que fue producida por la empresa Exmibal se encuentra almacenada en bancos a lado de la minera, a la intemperie, a la cual se le busca un uso específico, con resultados satisfactorios de investigaciones anteriores, conociendo sus características físico-mecánicas y químicas, se proponen investigaciones posteriores para otros usos.

La escoria tendrá un área de almacenamiento el cual abarca 76 hectáreas, aproximadamente 18,700 metros cuadrados y esta localizado al oeste de la planta.

En todas las pilas de almacenamiento, la base será de terreno natural. No se espera que existan lixiviados de la pila de escoria (basado en los resultados de las pruebas de lixiviación).

Figura 1. **Banco de almacenamiento de escoria de mata de níquel**



Fuente: banco de mata de escoria de níquel, planta CGN, proyecto Fénix, Izabal.

Tabla II. **Características físicas de la escoria de mata de níquel**

Peso específico	2,88
Peso unitario (kg/m ³)	1750,50
Peso unitario Suelto (kg/m ³)	1690,70
Porcentaje de vacíos	39,21
Porcentaje de absorción	13,83
Contenido de materia orgánica	0,00
% Retenidos en tamiz 6.35	0,88
% que pasa tamiz 200	0,25
Módulo de finura	2,84

Fuente: ÁLVAREZ MURALLES, Luis Mariano. Tesis evaluación de la escoria de ferroníquel como agregado fino para concreto. p. 69,70

2. GENERALIDADES EN TORNO A LAS BALDOSAS DE CONCRETO

2.1. Definición

Las baldosas son placas de poco grosor, generalmente usadas como revestimiento de suelos, diseñadas para soportar cargas de impacto y flexión entre otras, para ensayar dichas baldosas es aconsejable tomar un tiempo aproximado inicial de 14 días después de su fabricación, para que los poros se cierren y adquiera cierta permeabilidad esto a temperatura ambiente. Para este ensayo se tomaran 2 baldosas de cemento, por cada millar fabricado.

En Guatemala las baldosas para patio son fabricadas por distintas localidades a nivel nacional, las baldosas sólo requieren componentes básicos, entre los cuales se tienen: polvo de piedra, polvo fino, agregado fino, arena blanca, polvo ordinario, mármol y cemento, con estos elementos son preparadas las baldosas, sus tamaños y medidas pueden variar entre 30 centímetros x 30 centímetros, de 40 centímetros x 40 centímetros y entre las más pequeñas las de 25 centímetros x 25 centímetros.

Por la experiencia de cada empresa fabricante las especificaciones de trabajo tales como características de producción, pruebas de calidad, procesos manufactureros entre otros, varían según el régimen de utilidad y garantía que ofrezca la empresa fabricante.

2.2. Sistemas de fabricación

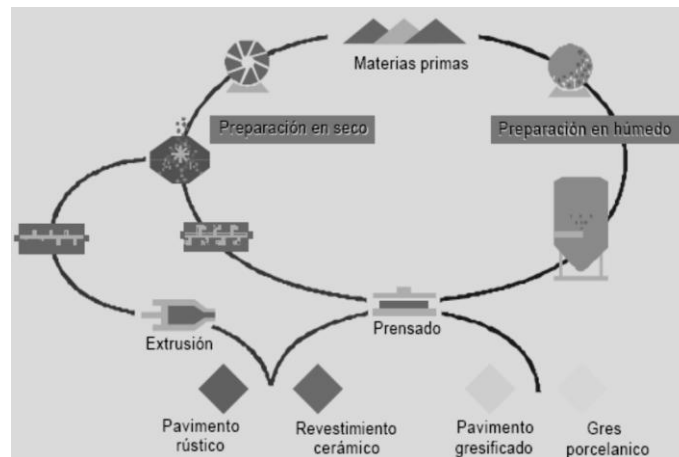
En esta etapa se hacen referencia a los tipos existentes en nuestro medio, entre los cuales se tienen: industrial y artesanal.

2.2.1. Industrial

Esta fabricación de tipo industrial se requiere de más procesos y estándares de calidad, estos estándares se determinan por objetivos que contenga cada empresa y el producto que quieran presentar, el proceso de fabricación de las baldosas es realizado en varias etapas, las cuales requieren de una gran cantidad de instrumentación y selección de las materias primas con el objetivo de lograr una gran eficiencia y calidad, las etapas de la producción de baldosas industriales son:

- Preparación de las materias primas.
- Conformación y secado en crudo de la pieza
- Cocción o cocciones, con o sin esmaltado
- Clasificación y embalaje

Figura 2. **Procesos de fabricación de baldosas**



Fuente: fabricación de baldosas industriales, Santiago Terán Torres, Riobamba - Ecuador.

2.2.2. Artesanal

Estas fábricas de tipo artesanal necesitan poca maquinaria o casi nada y la mayor parte del proceso se realiza a mano ya que como su nombre lo indica artesanal, se fabrican por arte y estas ha trascendido por años, cuando se fabrican dichas baldosas no son cantidades industriales ya que sus lotes son generados en cantidades comunales o dicho de mejor manera son cantidades en función a la demanda de la localidad de donde se encuentra la fábrica.

El proceso comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

En la fabricación tradicional las materias primas se suelen utilizar, por lo general, tal y como se extraen de la mina o cantera, o después de someterlas a un mínimo tratamiento. Su procedencia natural exige, en la mayoría de los

casos, una homogeneización previa que asegure la continuidad de sus características.

Antes de comenzar con la molturación se realiza el traslado del material tanto del extraído de las minas de arcilla como el que se recicla debido a fallas.

En la fabricación de las baldosas de nuestro estudio, antes de comenzar con la molturación se realiza el traslado del material tanto el extraído de las minas de arcilla como el que se recicla debido a fallas en el proceso.

La molturación consiste en la trituración de la materia prima para que esta sea de una granulometría fina según el análisis requerido.

2.3. Características generales de las baldosas

Las baldosas tienen características de decoración y forma según la demanda existente en la región/área a la cual la industria produce las baldosas.

2.3.1. Materiales empleados

Entre los materiales empleados existe una diversidad, ya que según sea la región así se utilizan por conveniencia y economía.

2.3.1.1. Cemento

El cemento cumplirá las especificaciones técnicas generales para la recepción de cementos vigente normado y la comprobación de las características especificadas se llevará a cabo de acuerdo con las normas de ensayo que se fijan.

El cemento a usarse para la fabricación será portland tipo I, de uso general Norma ASTM C-150, la cual indica las especificaciones para el cemento portland y Norma ASTM. C – 595, la cual hace referencia a las especificaciones para el cemento mezclado. Otros tipos de cemento deberán ser aprobados por la División Técnica previamente a su utilización. Según FHA especificaciones de los materiales de construcción.

2.3.1.2. Agua

El agua empleada en la preparación y fabricación de las baldosas deberá ser de preferencia potable en referencia a norma COGUANOR NGO 29 0011. En los casos que no se consiga agua potable se puede utilizar aquella cuyo contenido de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica no sean perjudiciales para la mezcla.

Norma AASHO – T -26. Y norma COGUANOR NGO 41 003 h1 la cual hace referencia a: determinación de la cantidad y calidad del agua para obtener consistencia normal.

2.3.1.3. Agregados

Deberán ser arenas naturales limpias, bien graduadas, libres de sustancias orgánicas y de otros materiales nocivos, tomando en consideración las siguientes normas de los mismos.

Tabla III. **Normas aplicables a los agregados por región**

Lugar	Norma	Institución encargada
Guatemala	F.H.A Tabla 8 - III	Fomento de Hipotecas Aseguradas.
EE.UU	ASTM C – 33	American Society for Testing and Materials.
	AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Argentina	IRAM 11568	Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
España	UNE 127022	La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

Fuente: normas utilizadas para agregados según región. Varias fuentes.

2.3.2. Especificaciones de calidad de fabricación

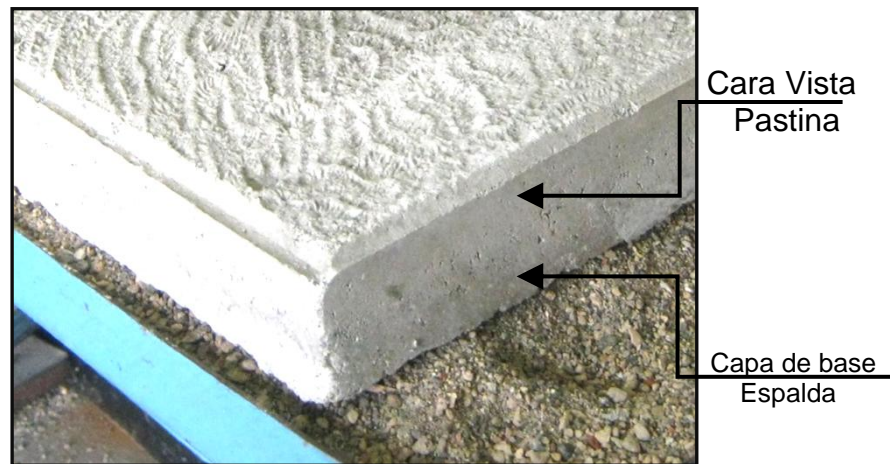
Para garantizar su buen resultado de fabricación se deben cumplir los incisos anteriores así como las especificaciones de fabricación, tales como medidas estándares, control regular de maquinaria, cumplimientos de materiales, etc., la conformación de la baldosa determina su calidad y nivel de uso que por su composición y proceso de fabricación es determinada.

2.3.3. Componentes de baldosa

Cara, constituida por la capa de huella, de hormigón o mortero de cemento, con polvo de mármol, polvo ordinario, granito No. 2 y colorantes entre otro, esta cara puede caracterizarse por varios acabados según sea el gusto.

Capa de base, de mortero menos rico en cemento y arena gruesa, regularmente es blanca, también se le agrega selecto, polvo de piedra, y esta cara regularmente queda de características rustica.

Figura 3. Partes de la baldosa



Fuente: baldosa fabricada con adición de escoria. Fábrica Rodmosa, Guatemala 2011.

2.4. Banco de abastecimiento

Para los diferentes materiales que esta compuesta la baldosa se tienen de distintos lugares, tal es el caso del mármol, granito fino y grueso el cual se obtiene de diferentes empresas existentes que se encargan de la extracción de dicho material.

2.4.1. Polvo de mármol Tipo “B”

El polvo de mármol es un producto habitualmente calizo que tiene la peculiaridad de que el 100 % de sus partículas pasan por el tamiz de 1,4 mm. Ningún polvo de mármol utilizado para la fabricación de baldosas de terrazo

debe contener un porcentaje en finos (partículas que pasen por el tamiz de 0,08 mm) superior al 30 %. Si el porcentaje es superior las baldosas pueden presentar exfoliaciones y bajas resistencias

2.4.2. Granito número 2

El granito como parte de los áridos influye directamente en la resistencia al desgaste, la durabilidad y el envejecimiento de las baldosas. La elección de los áridos debe de estar en función del uso al que va a ser sometido la baldosa. Asimismo, la dosificación de éstos con respecto al cemento, el polvo de mármol y los demás aditivos es también muy importante.

2.4.3. Polvo ordinario

El polvo ordinario es un derivado de orden secundario del mármol y este también es de granulometría fina, el polvo ordinario se utiliza como mezcla cementante ya que este determina una resistencia máxima de adherencia entre la mezcla de pegado y la pieza.

2.4.4. Arena blanca

En zonas de poco uso bastará con elegir una pieza formado por áridos calizos o de mármol. En zonas de mucho uso, podremos elegir baldosas formadas por mezclas de áridos de granito o de sílice. La arena blanca es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm.

2.4.5. Selecto

El selecto es un gran material que tiene diversas utilidades en la gran industria de la construcción, tal es el caso en las baldosas que al incluirlo en éstas, genera un grado de compacidad y eleva su resistencia.

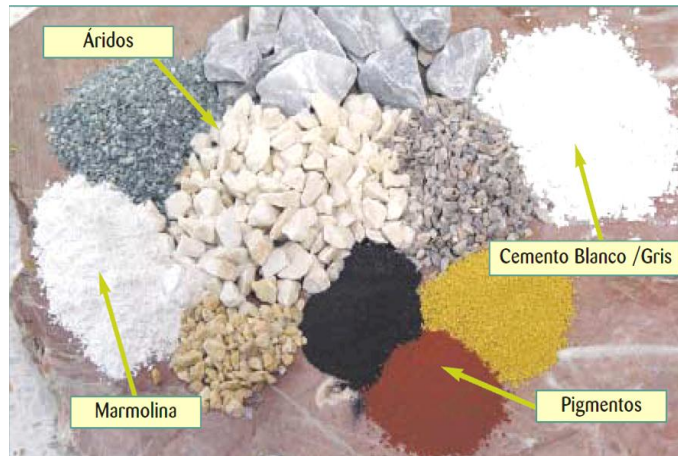
2.4.6. Polvo de piedra

El material triturado fino de piedra, cuyas partículas pasan en su totalidad por el tamiz 1,4 mm. Este producto se utiliza en la confección de la cara vista de las baldosas para uso exterior.

El polvo de piedra, que sirve como aglomerante, permite controlar la retracción del cemento y conseguir los colores y las condiciones estéticas de la baldosa gracias a su homogeneidad de color, que debe ser elevada y continua en el suministro.

El contenido de finos de la mezcla de fabricación, así como su proporción son parámetros importantes en la calidad final del producto. El exceso de finos produce un aumento de la viscosidad de la pasta que dificulta el proceso de fabricación, pudiendo aparecer fisuras u otros defectos.

Figura 4. **Materia prima utilizada en la fabricación de las baldosas**



Fuente: Manual técnico TECNOPAVIMENTO. Asociación Tecnológica de Fabricantes de Losas y baldosas de hormigón. Madrid – España. P. 12

2.5. Definición según su configuración

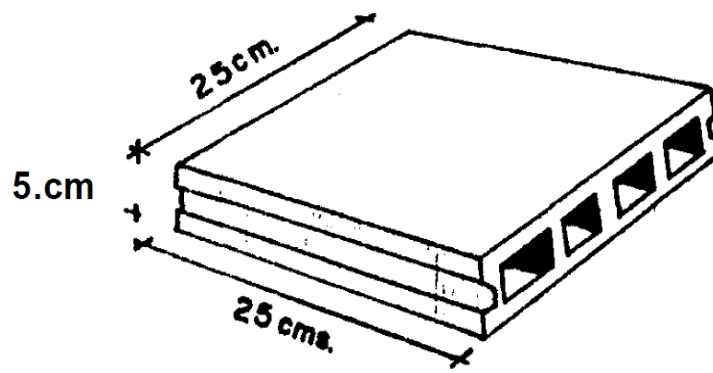
Las baldosas de cemento líquido son materiales rígidos modulares, que para su uso son, deberían merecer un encuadramiento tecnológico completo, tanto del material como la tecnología de instalación

2.5.1. Baldosas dobles

Las baldosas de tipo industrial normalmente son dobles, que tienen dimensiones en centímetros de 25 x 25 x 5; 30 x 30 x 5, en ancho x largo x alto respectivamente, estas se fabrican únicamente de barro cocido, por su composición presenta una coloración muy diversa en función de las arcillas utilizadas y especialmente del proceso de cocción.

Al ser baldosas de cocción, la coloración del soporte es la coloración de la cara vista, presenta destonificaciones a nivel de pieza, por lo que se recomienda mezclar todas las baldosas de diferentes cajas antes de la colocación, para crear una destonificación uniforme en todo el recubrimiento.

Figura. 5. **Baldosa doble**



Fuente: Revista ensayos de materiales CII USAC. 2006.

2.5.2. Baldosines

Son las baldosas de área no superior a 10 cm^2 , estos tienen características de textura poco homogénea y es frecuente poder ver pequeños granos, poros o incrustaciones.

Figura. 6. **Baldosines**



Fuente: <http://www.google.com.gt/imgres?q=baldosines+de+concreto>. Consulta el 22 de julio de 2011.

2.5.3. Losas

Son placas de forma geométrica, cuya cara puede ser lisa, rugosa, con altos relieves o con bajos relieves, de área superior a 1 metro cuadrado (1 m²).

Las baldosas losas son piezas que utilizadas para caminamientos, áreas de jardín, en algunos lugares son utilizadas también como en áreas de acera están fabricadas de granito, pueden variar sus características físicas, según sea el gusto, estas piezas tienen un grosor de entre 8 hasta 15 centímetros.

Figura. 7. **Losas de patio**



Fuente:<http://spanish.alibaba.com/product-gs/granite-patio-flagstones-450058424.html>. Consulta el 22 de julio de 2011.

2.5.4. Losetas

Son losas de área no superior a cien centímetros cuadrados o su equivalente 1 metro cuadrado (1 m²), estas losetas son útiles para decoraciones al igual que las losas de patio, forma una manera ideal de impermeabilizar y dar una imagen estética a un caminamiento.

Figura. 8. **Losetas**



Fuente: <http://www.google.com.gt/imgres?q=loseta+de+concreto>. Consulta el 22 de julio de 2011.

2.6. Definición según la composición

Se tienen las hidráulicas, de pasta, de terrazo, entre otras, cada una tiene una forma, presentación y resistencia según sea la necesidad.

2.6.1. Baldosa hidráulica

La baldosa hidráulica es un material producido y fabricado por prensado, sin cocción. Sobre una base de acero engrasada con moldes que delimitan la forma, se tienden las diversas capas de material y se comprimen. Si la primera capa tiene dibujos, se utilizan unas plantillas metálicas llamadas trepas.

Las baldosas hidráulicas poseen innumerables ventajas, aunque se debe tener en cuenta que este tipo de baldosa es muy porosa y necesita ser impermeabilizada cada cinco o seis años, un tratamiento que además protegerá el color.

Figura. 9. **Baldosa hidráulica**



Fuente: <http://www.google.com.gt/imgres?q=baldosa+hidráulica>. Consulta el 22 de julio de 2011.

2.6.2. Baldosa de pasta

Compuesta de una sola capa de pasta de cemento con colorantes y a veces, con una pequeña cantidad de arena muy fina.

Estas baldosas no son muy utilizadas ya que por su grosor soportan muy poca carga, por lo mismo también se utiliza como acabado en las baldosas de terrazo, puesto que por la capa de cemento se le puede dar un acabado liso.

2.6.3. Baldosa de terrazo

Compuesta en la cara de la capa de huella, de hormigón o mortero de cemento, triturado de mármol u otras piedras y, en general, colorantes, capa intermedia, de mortero rico en cemento y árido fino, capa de base, de mortero

menos rico en cemento y arena gruesa, que constituye el dorso y la cara o capa de huella puede ser pulida o lavada.

Se realiza con áridos de mármol. Se puede realizar, además, como baldosas *in situ*. Suele poseer dos capas, la base de mortero ordinario y la vista o terrazo propiamente dicho. A veces, entre las dos, se espolvorea una capa de cemento.

Entre los tamaños y espesores se tienen:

- 30 cm x 30 cm
- 33 cm x 33 cm
- Espesor: 2.5 cm
- Peso aproximado 40 a 60 Kg

Figura. 10. **Baldosa de terrazo**



Fuente: <http://www.mvcarrara.com/terrazo.htm>. Consulta el 22 de julio de 2011.

3. REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE BALDOSAS DE CONCRETO SEGÚN FHA

3.1. Especificaciones de fabricación según FHA

- Todas las maquinarias deberán contener las especificaciones de diseño y fabricación, y también especificaciones de mantenimiento.
- Los materiales deberán estar libres de impurezas y de agentes orgánicos que disminuyan su resistencia en su utilización.
- Además de los requisitos que establece el FHA, se requerirá el cumplimiento de todas las normas y reglamentos nacionales y de otras instituciones que se apliquen.

3.2. Formas y dimensiones

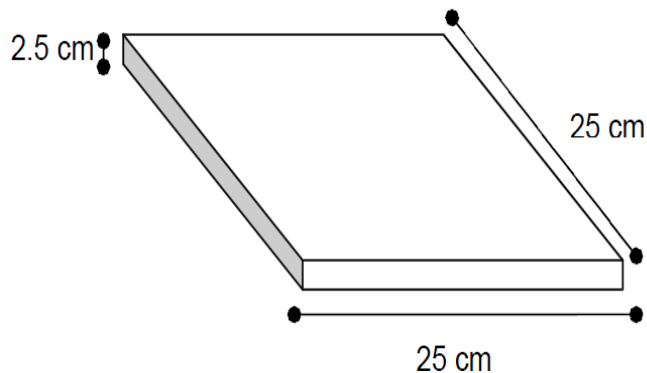
La norma F.H.A. actual, incluye solamente las baldosas de forma prismática de: 20x20, 25x25, y 30x30 (cm). Las normas que también hacen referencia a la forma y dimensiones de las baldosas son: UNE 41 008; IRAM oficial 1522 N.I.O.; ICONTEC 1085.

3.2.1. Dimensiones

Entre las dimensiones se tienen las comunes tales como 25 centímetros x 25 centímetros, 30 centímetros x 30 centímetros y 40 centímetros x 40

centímetros. Su dimensión real de acuerdo a las normas ANSI 137.1 permite una variación del $\pm 3\%$.

Figura 11. **Baldosa de medida estándar**



Fuente: Normas F.H.A. medidas de baldosas.

3.2.2. Formas

Cuadradas y rectangulares, para baldosas de estudio se tiene las cuadradas con un valor de incerteza de ± 1 mm.

Según lo mencionado en el capítulo 2 se tiene que las medidas varían según su uso, material y características, también aquellas que por requerimiento del interesado se mandan a hacer con base de medidas especiales.

3.2.3. Espesor

Tienen un promedio de 2,5 centímetro más una incerteza de ± 1 mm. tomando en cuenta la variación de la pastina así como la base de la misma.

3.3. Agregados

Son materiales finos y gruesos que conforman parte de una mezcla, ya sea concreto o pasta, en este caso se tiene pasta para baldosas.

3.3.1. Fino

En el agregado fino se tiene polvo fino de mármol, polvo fino y polvo de piedra, este último es el que fue sustituido en la fabricación de las baldosas por la escoria de mata de níquel.

Figura 12. **Polvo fino para agregado a baldosa**



Fuente: material fino de mármol fábrica de baldosas, Rodmosa, Guatemala 2011.

3.3.2. Grueso

En el agregado grueso se tiene los áridos como el granito número 2, la arena blanca, el mármol y todo aquel agregado no mayor de $\frac{1}{4}$ ".

La inclusión del agregado grueso genera dentro de la pieza un amarre entre partículas finas y aglomerantes.

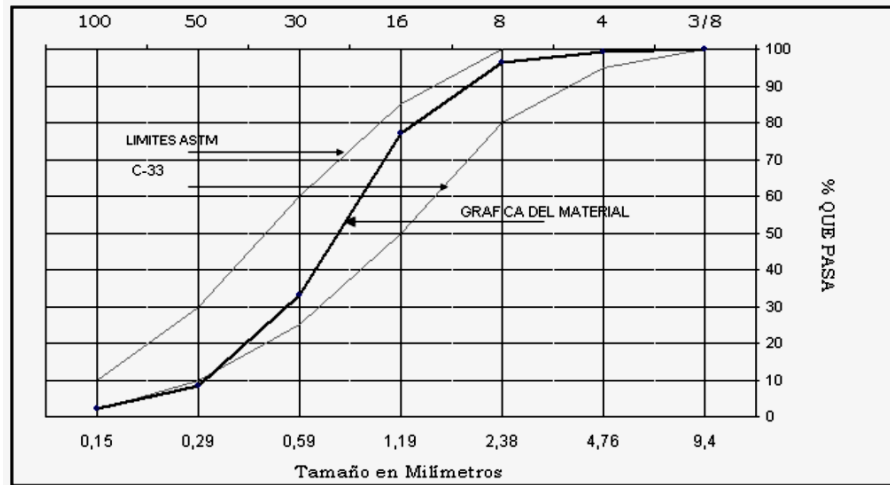
3.3.3. Granulometría

Tomando como referencia que el polvo de piedra tiene una granulometría similar a la escoria de mata de níquel se realizó el cambio de este por la escoria de mata de níquel en la fabricación de las baldosas, este análisis granulométrico se basa en la norma ASTM C – 33, la cual determina una clasificación general por tamaños los granos que componen la materia.

3.3.3.1. Escoria de mata de níquel

El análisis de la escoria de mata de níquel como agregado fino para fabricación de baldosas. La escoria es un residuo impuro, desecho, formado fundamentalmente hierro, magnesio, silicio, aluminio y magnesio, que aparece en el proceso de producción de la combinación de hierro y níquel y que al fundirse como metal desecha una escoria granulada.

Figura 13. **Curva granulométrica de escoria de mata de níquel**



Fuente: ÁLVAREZ MURALLES, Luis Mariano. Tesis evaluación de la escoria de ferroníquel como agregado fino para concreto. p. 69,70

Tabla IV. **Porcentaje de escoria de mata de níquel que pasa en cada tamiz**

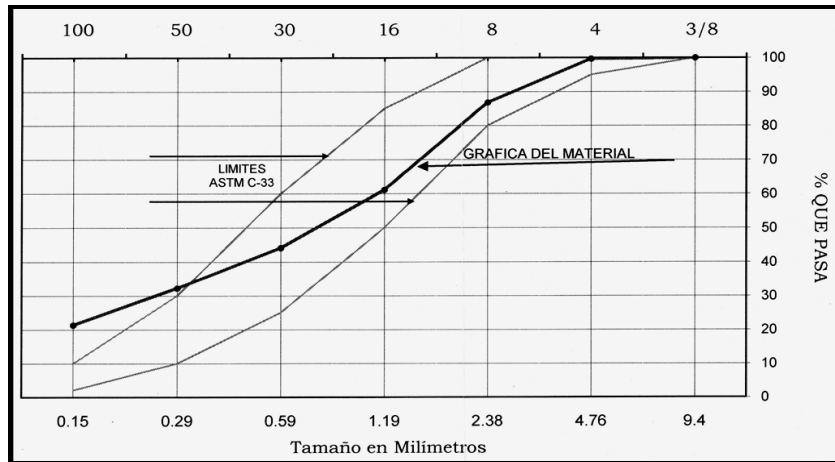
Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15
% Que pasa	100,00	99,24	96,26	77,22	32,92	8,22	2,33

Fuente: ÁLVAREZ MURALLES, Luis Mariano. Tesis evaluación de la escoria de ferroníquel como agregado fino para concreto. p.69,70

3.3.3.2. Polvo de piedra

Por su parecido en la curva granulométría el polvo de piedra con la *escoria de mata de níquel* se hace una sustitución por el mismo para la fabricación de las baldosas ensayadas en este estudio.

Figura 14. Curva granulométrica de polvo de piedra



Fuente: análisis granulométrico, polvo fino de piedra ensayo realizado en Centro de Investigaciones de Ingeniería de Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla V. Porcentaje de polvo de piedra que pasa en cada tamiz

Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15
% Que pasa	100,00	99,68	86,79	61,12	44,11	32,24	21,37

Fuente: análisis granulométrico, polvo fino de piedra ensayo realizado en Centro de Investigaciones de Ingeniería de Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.4. Aglomerantes

Se llaman materiales aglomerantes aquellos materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables.

3.4.1. Pastina

La pastina tiene un espesor de 2,5 centímetros con una incerteza de, \pm 1mm.

Tabla VI. Especificaciones de uso según sus características

PRUEBAS	TIPO		
	A	B	C
Espesor mínimo de ladrillos cm.	2,3	2,3	2,3
Incerteza por pieza	0,5	0,5	0,5
Espesor mínimo de la pastina mm.	2,5	2,5	2,5
Resistencia mínima Flexión kg/cm^2	35	25	15
Desgaste máximo mm. de fractura	0,5	0,6	0,8
Altura mínima de fractura. Por impacto cm.	18	14	10
Absorción agua en 24 horas %	15	20	25

Fuente: Ref. FHA Tabla 8 – VII Normas de planificación y construcción para casos proyectados, tomado de un estudio del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

3.5. Proporciones

Son cantidades expresadas en volumen, en función a otra llamada base, comúnmente en materiales de construcción se toma como referencia el cemento como medida base y unitaria.

3.5.1. Materiales de fabricación

- | | |
|-------------------|-----------------------------|
| ✓ Cemento | ✓ Escoria de mata de níquel |
| ✓ Polvo de piedra | ✓ Polvo ordinario |
| ✓ Selecto | ✓ Grano fino |
| ✓ Arena Blanca | ✓ Mármol |

3.5.2. Para capa de pastina (cara vista)

Esta capa es representada por todos aquellos aglomerantes tales como el cemento con una mezcla de polvo ordinario, grano fino de un 1/8", polvo de mármol y agua, la proporción utilizada es 1:2:1:1:1.

3.5.3. Para base de arena (espalda)

Las proporciones trabajadas son 1:1:0,5:3,5:1 asignadas de orden mayor a menor en función a su granulometría, es decir del material más fino al más grueso, de la siguiente manera: cemento, polvo de piedra, selecto, arena blanca y agua.

4. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA BALDOSAS DECORATIVAS

4.1. Diseño de mezcla para pastina de baldosa

Se denomina mezcla a la unión de un aglomerante, un inerte y agua; aglomerante es el material que permite unir, el cemento, con los materiales inertes, los materiales inertes es el elemento que baja el costo y permite menor contracción al fraguar. Arena y polvo son inertes.

El agua que actúa como plastificante y provocador del fragüe. Para la dosificación de la mezcla se toman en cuenta los materiales que se requieren en la pastina. El diseño de esta mezcla se realizó combinando distintas proporciones de la escoria de mata de níquel directamente con el polvo de piedra.

Tabla VII. **Proporciones utilizadas para la pastina de baldosa**

Material	Proporciones utilizadas por unidad de cemento
Cemento	1
Polvo ordinario	2
Grano fino de 1/8"	1
Polvo de mármol	1
Agua	1
Escoria de mata de níquel	Ver tabla IX

Fuente: proporciones utilizadas para la fabricación de baldosas, Guatemala 2011.

4.2. Diseño de mezcla para base de arena

Para la dosificación de la base de arena se realiza utilizando proporciones de cemento, polvo de piedra, selecto, arena blanca, escoria de mata de níquel y agua, tal es el caso de los porcentajes de la tabla VIII.

Tabla VIII. **Proporciones utilizadas para la base de baldosa**

Material	Proporciones utilizadas por unidad de cemento
Cemento	1
Polvo de piedra	1
Selecto	0,5
Arena blanca	3,5
Agua	1
Escoria de mata de níquel	Ver tabla X

Fuente: proporciones utilizadas para la fabricación de baldosas.

4.3. Proporciones de escoria de mata de níquel para pastina y base

Las proporciones utilizadas están dadas en porcentajes, ya que al sustituir el polvo de piedra por la escoria de mata de níquel, estos son sustituidos proporcionalmente.

4.3.1. Descripción

Los porcentajes que se denotan con las letras CE que significa cara con inclusión de escoria en un porcentaje, también se encuentran las EE que significa espalda con inclusión de escoria con un porcentaje y en un tercer caso

tenemos CE – EE que significa cara con inclusión de escoria con un porcentaje y espalda con inclusión de escoria con un porcentaje.

La inclusión de escoria de mata de níquel, se realizo proporcionalmente con el polvo de piedra, como se indico es el material que más se asemeja en su granulometría.

Tabla IX. Porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel utilizado para pastina de baldosa

1 CE 100	2 CE 100	3 CE 100	4 CE 100
1 CE 75	2 CE 75	3 CE 75	4 CE 75
1 CE 50	2 CE 50	3 CE 50	4 CE 50
1 CE 25	2 CE 25	3 CE 25	4 CE 25
1 CE 15	2 CE 15	3 CE 15	4 CE 15

Fuente: porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel para la fabricación de baldosas.

Tabla X. Porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel utilizado para base de baldosa

1 EE 100	2 EE 100	3 EE 100	4 EE 100
1 EE 75	2 EE 75	3 EE 75	4 EE 75
1 EE 50	2 EE 50	3 EE 50	4 EE 50
1 EE 25	2 EE 25	3 EE 25	4 EE 25
1 EE 10	2 EE 10	3 EE 10	4 EE 10

Fuente: porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel para la fabricación de baldosas.

Tabla XI. **Porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel utilizado para pastina y base de baldosa**

1	CE 100 EE 100	2	CE 100 EE 100	3	CE 100 EE 100	4	CE 100 EE 100
1	CE 75 EE 75	2	CE 75 EE 75	3	CE 75 EE 75	4	CE 75 EE 75
1	CE 50 EE 100	2	CE 50 EE 100	3	CE 50 EE 100	4	CE 50 EE 100
1	CE 100 EE 75	2	CE 100 EE 75	3	CE 100 EE 75	4	CE 100 EE 75
1	CE 50 EE 50	2	CE 50 EE 50	3	CE 50 EE 50	4	CE 50 EE 50

Fuente: porcentaje de inclusión de escoria de mata de níquel para la fabricación de baldosas.

4.4. Resultados de ensayo de piezas

Los ensayos realizados en las baldosas fueron obtenidos con el apoyo del Centro de Investigaciones de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde cada uno fue realizado en áreas correspondientes para el respectivo ensayo.

Los resultados son determinantes para la evaluación de la práctica y comprobar el mejor resultado para la fabricación de las baldosas de concreto con adición de escoria de mata de níquel, la descripción de cada uno se detallara en el capítulo 5, para los ensayos de impacto, ruptura, absorción y adherencia.

4.4.1. Análisis comparativo de baldosas sin y con adición de escoria de mata de níquel

En las siguiente tabla se muestra el comportamiento de las baldosas con y sin escoria de mata de níquel y comparada con la tabla del FHA.

Tabla XII. Comparación de las especificaciones F.H.A. y resultados de ensayo

TIPO DE PRUEBA	NORMAS FHA		
	A	B	C
Espesor mínimo de ladrillos cm.	2,3	2,3	2,3
Incerteza por pieza	0,5	0,5	0,5
Espesor mínimo de la pastina mm.	2,5	2,5	2,5
Resistencia mínima Flexión kg/cm ²	35	25	15
Desgaste máximo mm. de fractura	0,5	0,6	0,8
Altura mínima de fractura. Por impacto cm.	18	14	10
Absorción agua en 24 horas %	15	20	25

TIPO DE PRUEBA	TIPO DE BALDOSAS					
	ENSAYO A 14 DÍAS			ENSAYO A 21 DIAS		
	1 CE 50	2 EE 75	1 CE 50 EE 100	3 CE 50	3 EE 100	4 EE 100
Espesor mínimo de pieza cm.	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Incerteza por pieza	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Espesor mínimo de la pastina mm.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Resistencia mínima Flexión kg/cm ²	20,86	23,33	29,65	28,66	29,75	29,39
Altura mínima de fractura por impacto centímetros	28,00	44,00	28,00	24,00	40,00	42,00
Absorción agua en 24 horas %	15,40	13,00	14,56	7,99	12,86	12,14

Fuente: normas F.H.A. y resultados del Centro de Investigaciones CII, Usac. 2010

4.5. Características físicas

Forma y dimensiones: según la norma del F.H.A. actual, se incluyen las baldosas de forma prismática recta de 20x20, 25x25, 30x30 centímetros, por ser las de uso más común de forma que excluye otros tipos de baldosas que se pueden elaborar, en este ensayo fueron utilizadas las de 30 X 30 centímetros.

4.5.1. Absorción de agua

Es el proceso de atraer agua hacia los poros y conductos capilares. La absorción se utiliza como indicador de resistencia a la intemperie, frecuentemente, se toma como una medida de la porosidad, la cual se considera indicativa de posible filtración y tendencia a la desintegración.

4.5.2. Desgaste

La remoción de partículas sólidas por rayado o indentación, provocada por un cuerpo más duro que la superficie desgastada, se conoce como desgaste abrasivo. Las baldosas sufren este tipo de desgaste debido a acciones físico-mecánicas y al mal trato a que están sujetas una vez colocadas en la obra.

4.5.3. Resistencia al deslizamiento

La fricción es la fuerza resistente al deslizamiento tangente a la superficie entre dos cuerpos, que tienden a moverse uno sobre el otro. La fuerza para iniciar el movimiento se llama fricción estática y la necesaria para mantener el movimiento se llama fricción cinética. El coeficiente de fricción es la relación entre la fuerza horizontal a la carga normal.

En el momento de efectuar el movimiento, se producen efectos de hincamiento o indentación y de entrelazamiento de irregularidades, de modo que la fuerza total durante el deslizamiento es: $F_t = F_s + P + I$

Donde:

F_t = Fuerza total resistente al deslizamiento

F_s = Fuerza de fricción S

P = Efecto de indentación

I = Efecto de entrelazamiento de irregularidades

El efecto de entrelazamiento de irregularidades (I) es bajo y es más intenso el efecto de indentación (P) depende de la diferencia de dureza en las superficies. El efecto de indentación (P) disminuye con el pulido, y en el movimiento de deslizamiento no se toma en cuenta.

4.6. Propiedades mecánicas

El comportamiento mecánico de un material es el reflejo de la relación entre su respuesta o deformación ante una fuerza o carga aplicada.

4.6.1. Resistencia al impacto

Este tipo de ensayo se realiza para establecer si la baldosa es capaz de resistir los posibles golpes que pueda sufrir una vez instalada en obra. La experiencia indica que la resistencia de un material bajo carga depende de la forma de aplicación de la carga. Un elemento que normalmente resiste una carga estática constante sin fallar, falla bajo la aplicación de esta misma en forma repetida o súbita.

La magnitud de la carga aplicada lentamente y que produce el mismo esfuerzo que la carga súbitamente aplicada o de impacto, se llama carga estática equivalente y la relación de ésta y la súbitamente aplicada o de impacto se denomina factor de carga.

La prueba se realiza sobre un martinete en el cual se le aplica una carga de 2,0 kilogramos, la altura gradualmente incrementada en 1 centímetro, hasta que la pieza falla por fatiga, con la carga constante.

Este ensayo es realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y es muy utilizado por otras normas, tal es el caso de INCONTEC 1085 en el cual indica una masa de 0,59 kilogramos, IRAM 1522 N.I.O con una masa de 0,25 kilogramos, y la norma UNE 41 008 con una masa de 1,00 kilogramos, y la que se utilizo es la que indica la norma F.H.A.

Figura 15. **Sistema impacto - baldosa**



Fuente: sistema para ensayo a impacto para baldosas CII USAC, 2011.

Si las cargas aplicadas tienen velocidad inicial, su efecto es mayor que la carga súbitamente aplicada y como resultado del impacto una onda de deformación pasa a través del material con velocidad del sonido, reflejándose y superponiéndose dentro del material, causando altos valores instantáneos de deformación.

El daño que puedan causar estos valores instantáneos aún no es bien conocido, pero un material puede resistir sin fallar esfuerzos instantáneos mayores que los que causarían falla bajo carga estática.

4.6.2. Resistencia a la flexión

Un piso se encuentra bajo efecto de flexión, cuando actúan fuerzas sobre él que causan pandeo o doblado en forma tal que induzcan compresión de una parte de la sección transversal y tensión en la restante. Los ensayos de flexión en baldosas se efectúan para determinar:

- La resistencia y rigidez o flexibilidad a flexión de las baldosas para fines de control de calidad.
- Evaluación del comportamiento real de las baldosas a escala natural bajo la acción de cargas flexionantes.

Figura 16. **Sistema flexión - baldosa**



Fuente: sistema de ensayo a flexión para baldosas CII USAC 2011.

4.7. Muestreo e inspección

La norma F.H.A. actual, considera que los ensayos se comprueban sobre tres piezas por millar; para efectos de estudio se obtienen tres piezas o más por cada lote producido por jornada de trabajo.

Tabla XIII. **Normas que hacen referencia al sistema por muestreo**

NORMA	FRACCION INICIAL	FRACCION ADICIONAL	TAMAÑO DE LA MUESTRA DE LA FRACCION INICIAL DEL LOTE	PPOR FRACCION ADICIONAL
BS	100	200	3	+ 2
UNE 41 008	1000	1000	20	+ 5
IRAM Oficial	1000 a 10, 000		33	

Fuente: Ref. Métodos de ensayo para el control de calidad de baldosas y ladrillos cerámicos según normas nacionales e internacionales.

Figura 17. **Muestreo de baldosas a ensayar**



Fuente: lote de baldosas a ensayar, fábrica Rodmosa, Guatemala 2010.

Los que usan los modernos procedimientos de muestreo de aceptación, reconocen ciertas ventajas al permitir, cuando menos, una unidad defectuosa por muestra.

4.7.1. Inspección visual

Conforme a las normas la superficie debe estar libre de agrietamientos visibles a la vista de cualquier persona de estatura estándar cuando se hallan secas, así como también estar exentas de eflorescencias, manchas o costras, antes del ensayo, cada baldosa muestreada debe ser ágilmente examinada visualmente por daño. Cualquier baldosa que sea encontrada dañada debe ser rechazada y reemplazada por otra baldosa muestreada del lote a analizar.

4.8. Baldosa de patio y de jardín

Para estas se utilizan las medidas que se encuentran entre 30 cm. X 100 cm o las de 40 cm. X 100 cm, entre otras que pueden ser fabricadas contra pedido.

Figura 18. **Piezas de baldosas de patio y jardín**



Fuente: <http://www.google.com.gt/imgres?q=baldosas+de+patio>. Consulta el 22 de julio de 2011

5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYO DE LABORATORIO REALIZADOS A LAS BALDOSAS

5.1. Ensayos

Las piezas de baldosas de concreto con adición de escoria de mata de níquel son ensayadas para determinar la diferencia de éste producto con y sin adición de escoria de mata de níquel, los ensayos son básicamente, a impacto, flexión, humedad y absorción.

Para ensayar dichas baldosas se considero de 7 a 15 días después de su fabricación para que los poros se cierren y adquiera cierta permeabilidad,

5.2. Ensayo a flexión

Realizado para buscar el esfuerzo de ruptura, el cual puede ser semejante al que pueda llevar la baldosa ya colocada.

5.2.1. Definición

Una baldosa se encuentra a flexión cuando una fuerza es aplicada al centro de la pieza y esta se encuentra apoyada en sus 2 extremos por 2 piezas que reciben la carga, separadas a 36,4 cm.

5.2.2. Dimensiones

Al igual que las de impacto las dimensiones de las baldosas son las mismas ya que el material para ensayo tiene que tener las mismas características físicas.

Figura 19. **Máquina universal y sistema flexión**



Fuente: MORALES RAMÍREZ, Evelyn Maribel. Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio, relacionados con materiales de construcción. P. 132

5.2.3. Características

Las piezas ensayada a flexión al igual que las de impacto tiene características en común ya que son fabricadas con los mismos estándares de calidad y tomando en cuenta que la única diferencia es que estas tiene % de inclusión de escoria distinto y por ende cada una arrojó resultados diferentes.

5.2.4. Resultados de ensayo a flexión

Baldosas ensayadas a 14 días, en los que se obtuvieron resultados que ofrecen un resultado muy aceptable por sus características.

Tabla XIV. Baldosas ensayadas a 14 días a flexión

IDENTIFICACIÓN		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	CE 100	40,00	40,01	3,23	9,80	200	26,11
1	CE 75	40,03	40,00	3,13	9,19	160	22,23
1	CE 50	40,00	39,99	3,13	9,24	150	20,86
1	CE 25	40,03	40,00	3,17	8,74	130	17,68
1	CE 15	39,97	40,00	2,97	8,71	180	27,94
1	EE 100	40,00	40,01	3,20	9,67	220	29,33
1	EE 75	40,00	40,00	3,20	9,77	175	23,33
1	EE 50	40,00	40,01	3,20	9,82	200	26,66
1	EE 25	40,00	40,00	3,00	9,33	160	24,27
1	EE 10	40,00	40,00	3,10	9,26	150	21,31
1	CE 100 EE 100	40,00	40,03	3,10	10,18	175	24,86
1	CE 75 EE 75	40,07	40,00	3,10	9,70	135	19,14
1	CE 50 EE 100	40,03	40,02	3,03	9,65	200	29,65
1	CE 100 EE 75	40,10	40,05	3,10	9,58	140	19,84
1	CE 50 EE 50	40,03	40,00	3,33	9,83	135	16,57
1	CE 0 EE 0	40,07	40,00	3,00	9,38	150	22,71

Fuente: pruebas realizadas en el CII USAC Guatemala, 2011.

5.2.5. Carga aplicada

Se aplico una carga entre 170 a 220 kilogramos, en algunos casos las baldosas arrojaron un resultado arriba de lo esperado.

Tabla XV. **Baldosas ensayadas a 21 días a flexión**

IDENTIFICACIÓN		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
3	CE 100	40,10	39,93	3,30	9,43	175	21,97
3	CE 75	40,01	40,03	3,17	8,96	170	23,12
3	CE 50	40,10	40,00	3,20	9,12	215	28,66
3	CE 25	40,20	40,00	3,27	9,00	215	27,50
3	CE 15	39,97	40,03	3,20	8,97	220	29,30
3	EE 100	40,00	40,10	3,10	9,79	210	29,75
3	EE 75	40,00	39,97	3,13	9,59	185	25,74
3	EE 50	40,00	40,03	3,20	9,48	185	24,64
3	EE 25	40,01	39,93	3,07	8,86	170	24,72
3	EE 10	40,00	39,90	3,13	9,88	205	28,57
3	CE 100 EE 100	39,89	40,00	3,20	10,08	180	23,99
3	CE 75 EE 75	40,00	39,80	3,23	9,95	190	24,93
3	CE 50 EE 100	40,00	39,97	3,23	9,64	190	24,83
3	CE 100 EE 75	40,10	39,97	3,17	9,81	175	23,84
3	CE 50 EE 50	40,00	39,97	3,20	9,53	150	20,01
3	CE 0 EE 0	40,20	39,93	3,30	8,97	175	21,97

Fuente: Pruebas realizadas en el CII USAC Guatemala, 2011.

5.3. Ensayo a impacto

Este se realizó dejando caer sobre la cara vista de la baldosa una bala de acero de 2000 g de masa, quien transmite la carga por medio del martinete desde una altura determinada e ir aumentando esta altura en ± 10 mm (0.01 m.) hasta la rotura de la baldosa, o si ésta no se produce, hasta alcanzar la altura máxima de 1000 mm, (1 m.)

5.3.1. Maquinaria y equipo

- Cinta métrica graduada en milímetros
- Crayón
- Balanza con aproximación a 0,05kg (0,1lb)
- Horno a temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C)
- bala de 20 kilogramos
- Sistema para impacto de baldosas

5.3.2. Dimensiones

Las dimensiones de las baldosas como se menciona anteriormente son de 40 x 40 centímetros, las piezas de fabricación tienen diversas medidas de largo, ancho y espesor.

5.3.3. Carga

Se aplico una carga de 2 kg a distintas a alturas progresivas.

5.3.4. Máquina

Esta es aplicada con la maquina universal que es la mas ideal para realizar este ensayo ya que por su diversas capacidades reúne las mejores condiciones de trabajo para dicho ensayo.

5.3.5. Procedimiento

- Identificar cada baldosa con una letra o número correlativo, con crayón
- Tomar tres medida del largo en centímetros de la baldosa
- Tomar tres medidas del ancho en cm de la baldosa
- Tomar tres medida de la altura o espesor de la baldosa en centímetro
- Tomar la masa natural de la baldosa en kilogramos
- Las baldosas se colocarán sobre una capa de fieltro situado sobre el dispositivo de fijación, fijándolas mediante las platinas, con su cara vista hacia arriba.
- Sumergir una fracción de la baldosa ensayada en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua, eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda (mh).
- Secar la muestra a 110 °C durante 24 horas, enfriar la muestra a 32 °C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca en kg (ms).

- La segunda baldosa de cemento se coloca en el centro del sistema de impacto, sobre una cama de arena tamizada, dejándole caer la bala de 1kg en alturas sucesivas cada centímetro, hasta fallarla a impacto, anotar la altura de falla.
- Medir el espesor de pastina en una fracción fallada de la baldosa.

5.3.6. Resultados de ensayo a impacto

Estos resultados son los obtenidos en la prueba de impacto, los cuales están arriba de las baldosas normales sin escoria de mata de níquel.

La baldosa se considerará rota cuando en su capa vista aparezca una hendidura de anchura igual o superior a 3 mm, longitud igual o superior a 50 mm, y profundidad igual o superior a 4 mm.

La altura de caída se determina entre plano definido por la cara vista de la baldosa y el centro de la bola de acero. la muestra está compuesta por 3 baldosas enteras, y el requisito se cumplirá si las baldosas superan la altura mínima, según uso, sin daño.

Según las normas UNE 127020 para baldosas de uso interior, la resistencia al impacto clasifica las baldosas en uso normal si la rotura se produce a una altura de 40 centímetros, intensivo si resiste una altura de 50 centímetros y uso industrial si resiste una altura mínima de 60 centímetros, para este ensayo se encontró que la baldosa resiste 44 centímetros ensayada a 14 días, con 75 por ciento de escoria de mata de níquel en la espalda de la baldosa.

Tabla XVI. Baldosas ensayadas a 14 días a impacto

PRUEBA REALIZADA A UNA EDAD DE 14 DÍAS ENSAYO A IMPACTO					
IDENTIFICACIÓN		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Impacto (cm)
2	CE 100	40,00	40,07	3,23	36,00
2	CE 75	40,00	40,07	3,13	35,00
2	CE 50	40,00	40,07	3,13	24,00
2	CE 25	40,00	40,00	3,17	28,00
2	CE 15	40,13	40,00	2,97	29,00
2	EE 100	40,00	40,03	3,20	35,00
2	EE 75	40,10	40,07	3,20	44,00
2	EE 50	40,00	40,00	3,20	34,00
2	EE 25	40,00	40,00	3,00	40,00
2	EE 10	40,07	40,00	3,10	38,00
2	CE 100 EE 100	40,00	40,07	3,10	24,00
2	CE 75 EE 75	40,00	40,03	3,10	27,00
2	CE 50 EE 100	40,00	40,07	3,03	28,00
2	CE 100 EE 75	40,00	40,00	3,10	38,00
2	CE 50 EE 50	40,00	40,03	3,33	30,00
2	CE 0 EE 0	40,00	40,00	3,00	22,00

Fuente: pruebas realizadas en el CII USAC Guatemala, 2011.

Tabla XVII. **Baldosas ensayadas a 21 días a impacto**

PRUEBA REALIZADA A UNA EDAD DE 21 DÍAS ENSAYO A IMPACTO					
IDENTIFICACIÓN		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Impacto (cm)
4	CE 100	40,03	39,97	2,70	33,00
4	CE 75	40,03	39,97	3,20	35,00
4	CE 50	40,00	40,00	3,20	24,00
4	CE 25	40,10	39,90	3,17	39,00
4	CE 15	40,03	39,90	3,20	27,00
4	EE 100	40,00	40,03	3,20	42,00
4	EE 75	40,07	40,00	3,40	40,00
4	EE 50	40,13	39,90	3,20	34,00
4	EE 25	40,00	40,03	3,10	37,00
4	EE 10	39,97	40,03	3,20	40,00
4	CE 100 EE 100	40,03	39,97	3,33	26,00
4	CE 75 EE 75	40,00	39,97	3,10	25,00
4	CE 50 EE 100	40,00	39,97	3,20	37,00
4	CE 100 EE 75	40,00	39,97	3,20	37,00
4	CE 50 EE 50	40,00	40,00	3,20	22,00
4	CE 0 EE 0	40,00	39,93	3,07	39,00

Fuente: Pruebas realizadas en el CII USAC Guatemala, 2011.

5.4. Porcentaje de absorción

Los porcentajes de absorción son diferentes en tanto a las baldosas sin escoria que aquellas que tienen escoria, ya que la escoria por ser un material más rígido disminuye el porcentaje de absorción de humedad.

$$\% \text{ abs.} = [(Ph - Ps) / Ps] \times 100$$

Donde:

% abs. = Porcentaje de absorción

Ph = Peso húmedo

Ps. = Peso Seco

5.4.1. Resultados de porcentaje de absorción

Acá se determino el porcentaje de agua contenido o absorbido por las pieza de baldosa colocada a temperatura ambiente y en agua, con este dato se expresa el porcentaje de absorción de agua que puede tener una baldosa a la hora de estar colocada en donde para lo cual fue diseñada.

Las baldosas como se ha mencionado tiene 2 caras, en donde una de ellas, la cara vista, tendrá que ser de menor absorción que la cara espalda, pues sobre ella se mantendra un flujo de movimiento y carga.

Para este ensayo se 15 piezas con y 1 pieza sin *escoria de mata de niquel*, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla XVIII. Baldosas ensayadas a 14 días a absorción

IDENTIFICACIÓN		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	% De Absorción
1	CE 100	40,00	40,01	3,23	9,80	12,73
1	CE 75	40,03	40,00	3,13	9,19	14,42
1	CE 50	40,00	39,99	3,13	9,24	10,77
1	CE 25	40,03	40,00	3,17	8,74	15,40
1	CE 15	39,97	40,00	2,97	8,71	15,25
1	EE 100	40,00	40,01	3,20	9,67	13,43
1	EE 75	40,00	40,00	3,20	9,77	13,00
1	EE 50	40,00	40,01	3,20	9,82	14,20
1	EE 25	40,00	40,00	3,00	9,33	12,98
1	EE 10	40,00	40,00	3,10	9,26	14,79
1	CE 100 EE 100	40,00	40,03	3,10	10,18	13,93
1	CE 75 EE 75	40,07	40,00	3,10	9,70	14,12
1	CE 50 EE 100	40,03	40,02	3,03	9,65	14,56
1	CE 100 EE 75	40,10	40,05	3,10	9,58	13,06
1	CE 50 EE 50	40,03	40,00	3,33	9,83	13,77
1	CE 0 EE 0	40,07	40,00	3,00	9,38	12,25

Fuente: pruebas realizadas en el CII USAC Guatemala, 2011.

Tabla XIX. **Baldosas ensayadas a 21 días a absorción**

IDENTIFICACIÓN	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	% De Absorción
3 CE 100	40,10	39,93	3,30	9,43	14,02
3 CE 75	40,01	40,03	3,17	8,96	11,78
3 CE 50	40,10	40,00	3,20	9,12	7,99
3 CE 25	40,20	40,00	3,27	9,00	11,64
3 CE 15	39,97	40,03	3,20	8,97	13,00
3 EE 100	40,00	40,10	3,10	9,79	12,86
3 EE 75	40,00	39,97	3,13	9,59	12,14
3 EE 50	40,00	40,03	3,20	9,48	12,20
3 EE 25	40,01	39,93	3,07	8,86	13,49
3 EE 10	40,00	39,90	3,13	9,88	12,64
3 CE 100 EE 100	39,89	40,00	3,20	10,08	10,87
3 CE 75 EE 75	40,00	39,80	3,23	9,95	12,10
3 CE 50 EE 100	40,00	39,97	3,23	9,64	12,35
3 CE 100 EE 75	40,10	39,97	3,17	9,81	13,01
3 CE 50 EE 50	40,00	39,97	3,20	9,53	13,15
3 CE 0 EE 0	40,20	39,93	3,30	8,97	22,18

Fuente: pruebas realizadas en el CII USAC Guatemala, 2011.

5.5. Porcentaje de humedad

Los porcentajes de humedad relativa se encuentran a temperatura estándar entre 10 % y 15 %.

6. DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA

6.1. Para fabricación de baldosas

En el campo de la industria se cuenta con maquinaria según la etapa de elaboración y proceso de fabricación de la baldosa.

6.1.1. Mezcla de materia prima

Este tipo de mezclado se realiza sobre una batea formada por la sección de un tonel en el cual los extremos son sellados de manera que no tenga una sola fuga de líquidos, este proceso se utiliza tanto para la mezcla de la materia prima para la cara vista como para la base.

6.1.1.1. Mezclado manual

En el mezclado manual hay que tomar en cuenta que este proceso debe ser muy riguroso ya que las proporciones pueden variar si no se lleva el debido control, al variar las proporciones se obtienen resultados que por lo general pueden ser menores a las obtenidas en un mezclado industrial.

El mezclado a mano o conocido como manual por lo general difiere del resultado de un mezclado industrial, con este parámetro se puede indicar que hay un consumo mayor de materia prima y por ende un costo mayor, sin dejar por otro lado que la resistencia puede ser igual o menor que el de fabricación industrial.

Figura 20. **Mezclado manual**



Fuente: fábrica de pisos y cerámica Rodmosa, Guatemala 2011.

6.1.1.2. Característica de mezcladora concretera

- Modelo: Concretera
- Capacidad: 1 Saco
- Volumen de la olla: 350 Litros. (12.35 ft³)
- Capacidad de la mezcla 255 Litros. (9 ft³)
- Producción por hora: 5 m³
- Ciclo de trabajo 3 minutos aprox.
- Diámetro de la boca de la olla 518 mm (20")
- Diámetro del cuerpo de la olla 870 mm (34")
- 2 Llantas rin 12

Esta máquina es útil para la fabricación a gran escala ya que por la capacidad que tiene esta puede tener hasta 64 piezas de una sola mezclada, en un día es capaz de elaborar un tiraje de 300 piezas.

Figura 21. **Mezcladora**



Fuente: fábrica de pisos y cerámica Rodmosa, Guatemala 2011.

6.1.2. Fundición de baldosa

En este proceso se realiza la elaboración de la baldosa. Aquí la pasta adquiere forma por medio de unas prensas hidráulicas, aplicando presión entre 200 a 250 bares, produciendo una presión específica de 210 kg/cm² (20 x 25, 30 x 30, 31.5 x 31.5) centímetros.

El prensado de las piezas se obtiene como se muestra en la figura 22, generalmente se hace a temperatura ambiente, apilando después de fabricada la pieza en línea en posición vertical, con este se dejan en promedio 3 a 5 días para que ésta adquiera su resistencia máxima.

Figura 22. **Máquina moldeadora**



Fuente: fábrica de pisos y cerámica Rodmosa, Guatemala, 2011.

La pasta es moldeada formando así la baldosa por medio de la prensa hidráulica, esta prensa varía según las dimensiones de cada pieza a fabricar.

El secado, en este proceso la baldosa que viene con una resistencia mecánica suficiente para que no se rompa durante el transporte, es aumentada durante el secado.

Después del secado se controla la temperatura, dependiendo de la línea donde debe estar entre 60°, 70° y 80°C para ser aplicado el esmalte si así lo requiera la pieza fabricada.

Figura 23. Llenado de molde



Fuente: fabrica de pisos y cerámica Rodmosa, Guatemala, 2011.

6.2. Para ensayos y pruebas de laboratorio.

Los ensayos en el laboratorio se rigen en normas para garantizar así que los datos y resultados son los correctos.

6.2.1. Toma de datos

Para la toma de datos se requiere como mínimo las siguientes medidas.

- Apariencia inicial
- Fecha de fabricación
- Masa de la baldosa
- Largo promedio de la baldosa
- Ancho promedio de la baldosa
- Espesor promedio de la baldosa
- Porcentaje de absorción
- Espesor de pastina

Figura 24. **Toma de datos, peso**



Fuente: laboratorio CII, USAC Guatemala, 2010.

6.2.2. Ensayo a impacto

Una carga de impacto que produzca esfuerzo, depende de la cantidad de energía utilizada en causar deformación; al tratar los problemas que involucran las cargas de impacto, la manera predominante en que la carga que deba resistir la baldosa, determina el tipo de clasificación según las normas del F.H.A.

La meta es proveer margen para la absorción de tanta energía como sea posible a través de acción elástica y luego confiar en alguna clase de contención para disiparla.

El ensayo de impacto ideal sería uno en el cual toda la energía de un golpe se transmitiera a la baldosa. En realidad este ideal nunca se alcanza; siempre se pierde alguna energía por fricción, por deformación de los apoyos y la masa de golpeo y por vibración de varias partes de la máquina de ensayo.

Figura 25. **Prueba de impacto**



Fuente: laboratorio CII, USAC Guatemala, 2011.

Figura 26. **Escala de alturas**



Fuente: laboratorio CII, USAC, Guatemala, 2011.

6.2.3. Ensayo a flexión

Máquina universal para ensayos de flexión, ruptura y para otros tipos de ensayos, para el caso de las baldosas solo los mencionados, esta máquina se opera con procedimientos rigurosos de las normas ASTM

Súper L es una designación especial que la marca Tinius Olsen utiliza para cierto tipo de prensas universales, y depende de su marco de carga. Una máquina Súper L 200 y una Súper L 300 son máquinas con principios de operación idénticos pero que difieren en su capacidad, de 200 000 y 300 000 libras respectivamente.

Los sistemas Súper L están fabricados para garantizar que cumplan con las especificaciones ASTM, ISO y otros sistemas de normas internacionales. La exactitud de estos sistemas está dentro de +/- 0,5% de la carga indicada y entre el 0,2% a 100% de su capacidad.

Figura 27. **Máquina Universal para prueba de flexión y adherencia**



Fuente: laboratorio CII, USAC Guatemala, 2011.

Las máquinas Súper L existen en capacidades que van desde las 30 000 libras fuerza hasta las 400 000 libras fuerza, sin embargo, éstas pueden ser fabricadas en capacidades aún mayores, bajo pedido previo.

Estas máquinas son fabricadas con un marco de carga robusto, compuesto de cuatro columnas que proveen una muy buena rigidez y estabilidad. Para su operación todas las capacidades Súper L son fabricadas con el control 496, el cual provee una operación de la aplicación de carga de la máquina ya sea manual o automática. Cada una de estas máquinas posee la versatilidad de funcionar para ensayos de tensión, compresión, flexión y otros ensayos en materiales y ensamblajes.

Figura 28. **Medición de carga aplicada**



Fuente: laboratorio CII, USAC Guatemala, 2011.

CONCLUSIONES

1. El nivel de contaminación del almacenamiento de grandes toneladas de escoria por años, ha sido bajo y no ha dañado el suelo ni el manto freático; ya que este según referencia a EIA realizado por la Corporación Ambiental a la planta denominada proyecto Fénix y monitorio, que se le ha dado en los últimos años a las toneladas de escoria, que sólo han afectado el suelo en un 1% en un período de más de 30 años.
2. El consumo de la escoria de mata de níquel en los materiales de construcción contribuye al consumo de los bancos existentes, a la disminución del mismo, como ha innovar en los materiales de construcción, por lo que la innovación de éste en la fabricación de baldosas decorativas de concreto es una manera de ayudar al medio y a su vez darle un mejor uso.
3. Los ensayos de laboratorio según especificaciones de FHA y normas de referencia internacional, tales como UNE 127022 de España, IRAM 11568 de Argentina, AASHTO y ASTM de Estados Unidos, entre otras, determinaron que las baldosas aumentaron sus características físico – mecánicas al incluirle la escoria de mata de níquel, en porcentajes de absorción 40%, módulo de ruptura 30% e impacto en un 60%.
4. La mejor proporción obtenida en los ensayos según las especificaciones del F.H.A. es la que incluye un 100% de escoria de mata de níquel en la espalda en lugar del polvo de piedra.

RECOMENDACIONES

1. Mantener un control constante en los bancos de escoria de mata de níquel y verificar que no se depositen otros materiales dentro y cerca, ya que de ello depende que se obtengan las mismas características, a su vez que este no contamine tanto dentro como fuera del área asignada para su depósito.
2. Utilizar la escoria de mata de níquel extraída en la parte más profunda del banco, con ello estará libre de agentes orgánicos y libres de agentes contaminantes por estar a la intemperie.
3. Al fabricar las baldosas mezclar correctamente la escoria de mata de níquel con los otros materiales, ya que esto ayuda a que se mejoren las propiedades y con ello garantizar una buena fabricación.
4. Cuando se fabriquen las baldosas con adición de escoria de mata de níquel con proporción ideal, realizar una medición exacta de cada material, para que esto ayude a mantener sus características ideales de fabricación y con ello se tendrá las mismas características físico – mecánicas.

BIBLIOGRAFÍA


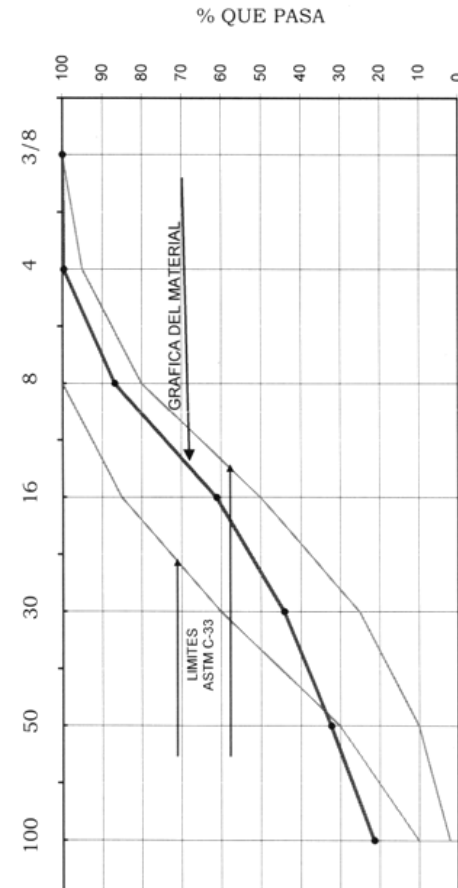


1. ÁLVAREZ MURALLES, *Luis Mariano*. *Evaluación de la escoria de ferroníquel como agregado fino para concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009. 155 p.
2. *American Society for Testing and Materials*. *Annual book of ASTM Standards Specification*. C33, C87 y C 40 – 84. Philadelphia: Vol. 04.02 Concrete and Aggregates. EEUU. 1990. 11 p.
3. AYALA ZAPATA, Virgilio. Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Evaluación de características físicas de baldosas y ladrillos cerámicos*. Revista Científica, 2005. 45 p.
4. Fomento de Hipotecas Aseguradas. *Especificaciones para ladrillo de piso de cemento líquido, tabla de especificaciones de baldosas de cemento líquido*. Guatemala: FHA, 1980. 91 p.
5. HUITZ PUAC, Mario Eugenio. *Métodos de ensayo para el control de calidad de baldosas y ladrillos cerámicos según normas nacionales e internacionales*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2003. 129 p.

6. LUNA AROCHE, Julio Roberto; SALGUERO GIRÓN, Raúl Armando. *Estudios de calidad de agregados para concreto aplicando las normas ASTM C-33, C-131, C-295 y C-289* (presentación de casos). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 55 p.
7. *Manual para baldosas de hormigón. Asociación de Fabricantes de Baldosas de Hormigón*, Madrid España: 1990. 156 p.
8. ORDOÑEZ, Gabriel; MEJICANOS, Dilma; ALVARADO, Paulino. *Manual de Laboratorio del Curso de Materiales de Construcción*. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2002. 122 p.
9. SALAZAR CORADO, David Estuardo. *Propuesta de especificaciones y métodos de ensayo para pisos de terrazo fabricados en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1983. 142 p.
10. SANDOVAL GARCÍA, Luis Ángel. *Evaluación de las características físico-mecánicas de baldosas de cemento fabricadas en Guatemala y propuesta de normas para el control de su calidad*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1984. 162 p.



APÉNDICE

Informes originales de los análisis realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), de los agregados y ensayos realizados a las baldosas.

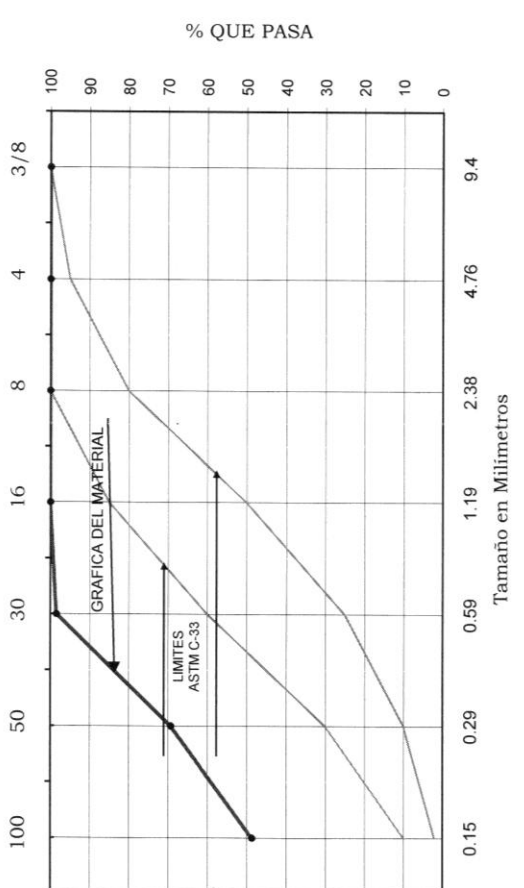
Informe de ensayo de polvo de piedra

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	AGREGADO FINO PARA CONCRETO	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA																		
INTERESADO: Maynor Estuardo López García Carné No. 199911895	INFORME No. S.C. - 515	PROYECTO: Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"																		
MUESTRA: Polvo de Piedra	FECHA: 15/10/2010	O.T. No. 27220 LAB.: Concretos																		
CARACTERISTICAS FISICAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2.63</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1826.71</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1657.87</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">30.66</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">0.77</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td style="text-align: right;">0.00</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td style="text-align: right;">15.76</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td style="text-align: right;">2.55</td></tr> </table>			Peso Especifico	2.63	Peso Unitario (kg/m ³)	1826.71	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1657.87	Porcentaje de Vacios	30.66	Porcentaje de Absorción	0.77	Contenido de Materia Orgánica	1	% Retenido en Tamiz 6.35	0.00	% que pasa Tamiz 200	15.76	Modulo de Finura	2.55
Peso Especifico	2.63																			
Peso Unitario (kg/m ³)	1826.71																			
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1657.87																			
Porcentaje de Vacios	30.66																			
Porcentaje de Absorción	0.77																			
Contenido de Materia Orgánica	1																			
% Retenido en Tamiz 6.35	0.00																			
% que pasa Tamiz 200	15.76																			
Modulo de Finura	2.55																			
																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.40</td> <td>4.76</td> <td>2.38</td> <td>1.19</td> <td>0.59</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>99.68</td> <td>86.79</td> <td>61.12</td> <td>44.11</td> <td>32.24</td> <td>21.37</td> </tr> </table>			Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	99.68	86.79	61.12	44.11	32.24	21.37		
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15													
% Que pasa	100.00	99.68	86.79	61.12	44.11	32.24	21.37													
OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.																				
Vo.Bo.  Ing. Telma Maricela Cano Morales Directora CII/USAC	 Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol Jefa Sección de Concretos																			

Informe de ensayo de material de mármol

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>	 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>
AGREGADO FINO PARA CONCRETO	PROYECTO:
INTERESADO:	PROYECTO:
Maynor Estuardo López García Carné No. 199911895	S.C. - 514 Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"
MUESTRA:	O.T. No.
Material para Marmol	27215
FECHA:	LAB.:
15/10/2010	Concretos

CARACTERISTICAS FISICAS:	
Peso Especifico	2.49
Peso Unitario (kg/m ³)	1767.03
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1562.90
Porcentaje de Vacíos	29.13
Porcentaje de Absorción	0.40
Contenido de Materia Orgánica	1
% Retenido en Tamiz 6.35	0.00
% que pasa Tamiz 200	34.20
Modulo de Finura	0.84



Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% Que pasa	100.00	100.00	100.00	99.97	98.49	69.35	48.67

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado.


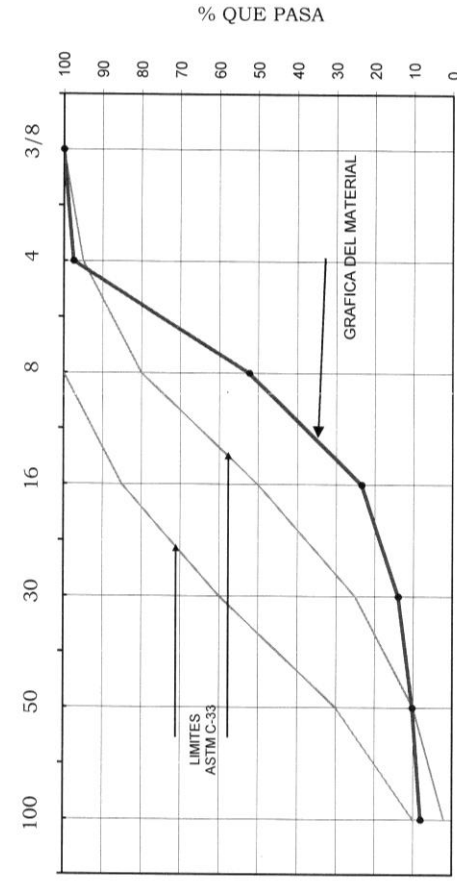
b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.

Vo.Bo.


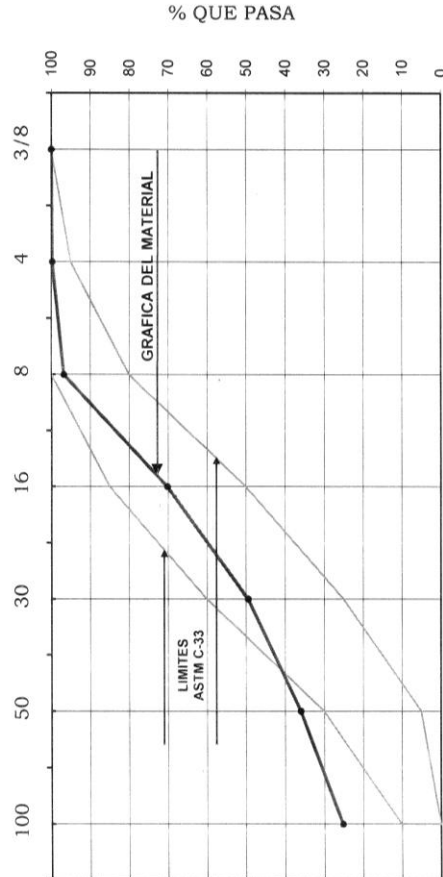
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

Inga. Dilia Xanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



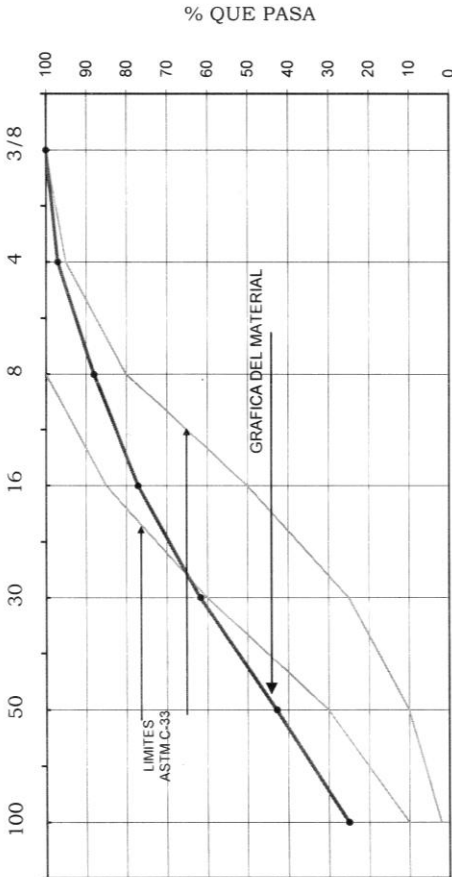
Informe de ensayo de polvo ordinario

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	AGREGADO FINO PARA CONCRETO																																																		
INTERESADO: Maynor Estuardo López García Carné No. 199911895	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">INFORME No.</td> <td style="width: 25%;">S.C. - 510</td> <td style="width: 25%;">PROYECTO:</td> <td style="width: 25%;">Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA:</td> <td>FECHA:</td> <td>O.T. No.</td> <td>LAB.:</td> </tr> <tr> <td>Polvo Ordinario</td> <td>14/10/2010</td> <td>27216</td> <td>Concretos</td> </tr> </table>	INFORME No.	S.C. - 510	PROYECTO:	Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"	MUESTRA:	FECHA:	O.T. No.	LAB.:	Polvo Ordinario	14/10/2010	27216	Concretos																																						
INFORME No.	S.C. - 510	PROYECTO:	Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"																																																
MUESTRA:	FECHA:	O.T. No.	LAB.:																																																
Polvo Ordinario	14/10/2010	27216	Concretos																																																
CARACTERISTICAS FISICAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2.21</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1197.68</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1090.40</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">45.86</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">8.34</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td style="text-align: right;">0.00</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td style="text-align: right;">7.84</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td style="text-align: right;">3.95</td></tr> </table>	Peso Especifico	2.21	Peso Unitario (kg/m ³)	1197.68	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1090.40	Porcentaje de Vacios	45.86	Porcentaje de Absorción	8.34	Contenido de Materia Orgánica	0	% Retenido en Tamiz 6.35	0.00	% que pasa Tamiz 200	7.84	Modulo de Finura	3.95	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">0.15</td> <td style="width: 15%;">0.29</td> <td style="width: 15%;">0.59</td> <td style="width: 15%;">1.19</td> <td style="width: 15%;">2.38</td> <td style="width: 15%;">4.76</td> <td style="width: 15%;">9.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="7" style="text-align: center;">Tamano en Milímetros</td> </tr> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.40</td> <td>4.76</td> <td>2.38</td> <td>1.19</td> <td>0.59</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>97.44</td> <td>52.32</td> <td>23.39</td> <td>13.90</td> <td>10.19</td> <td>8.05</td> </tr> </table> 		0.15	0.29	0.59	1.19	2.38	4.76	9.4		Tamano en Milímetros							Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	97.44	52.32	23.39	13.90	10.19	8.05
Peso Especifico	2.21																																																		
Peso Unitario (kg/m ³)	1197.68																																																		
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1090.40																																																		
Porcentaje de Vacios	45.86																																																		
Porcentaje de Absorción	8.34																																																		
Contenido de Materia Orgánica	0																																																		
% Retenido en Tamiz 6.35	0.00																																																		
% que pasa Tamiz 200	7.84																																																		
Modulo de Finura	3.95																																																		
	0.15	0.29	0.59	1.19	2.38	4.76	9.4																																												
	Tamano en Milímetros																																																		
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15																																												
% Que pasa	100.00	97.44	52.32	23.39	13.90	10.19	8.05																																												
OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">0.15</td> <td style="width: 15%;">0.29</td> <td style="width: 15%;">0.59</td> <td style="width: 15%;">1.19</td> <td style="width: 15%;">2.38</td> <td style="width: 15%;">4.76</td> <td style="width: 15%;">9.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="7" style="text-align: center;">Tamano en Milímetros</td> </tr> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.40</td> <td>4.76</td> <td>2.38</td> <td>1.19</td> <td>0.59</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>97.44</td> <td>52.32</td> <td>23.39</td> <td>13.90</td> <td>10.19</td> <td>8.05</td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">Inga. Telma Manicela Cano Morales Directora CII/USAC</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: right;"> <p style="text-align: center;">Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol Jefa Sección de Concretos</p> </div> </div>		0.15	0.29	0.59	1.19	2.38	4.76	9.4		Tamano en Milímetros							Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	97.44	52.32	23.39	13.90	10.19	8.05																		
	0.15	0.29	0.59	1.19	2.38	4.76	9.4																																												
	Tamano en Milímetros																																																		
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15																																												
% Que pasa	100.00	97.44	52.32	23.39	13.90	10.19	8.05																																												


Informe de ensayo de polvo fino (selecto)

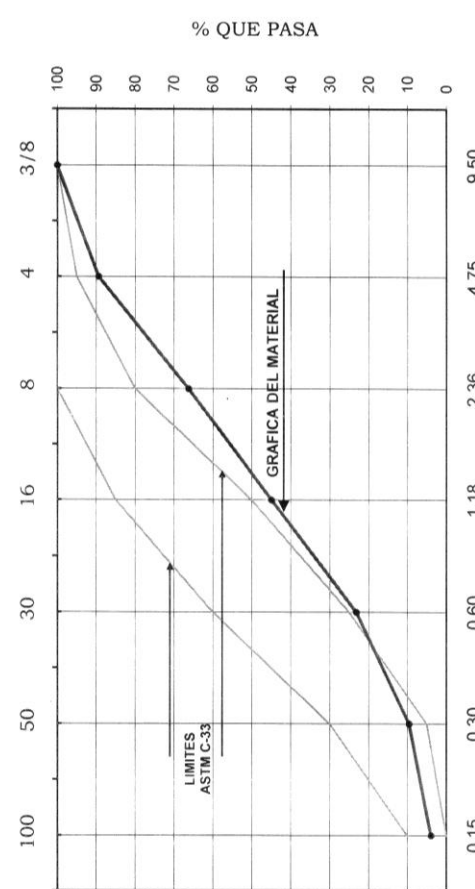
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	AGREGADO FINO PARA CONCRETO																																								
INTERESADO: Maynor Estuardo López García Carné No. 199911895	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">INFORME No.</td> <td style="width: 20%;">S.C. - 513</td> <td style="width: 20%;">PROYECTO:</td> <td style="width: 40%;">Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA:</td> <td>FECHA:</td> <td>O.T. No.</td> <td>LAB.:</td> </tr> <tr> <td>Bolsa de Material (Polvo Fino)</td> <td>15/10/2010</td> <td>27217</td> <td>Concretos</td> </tr> </table>	INFORME No.	S.C. - 513	PROYECTO:	Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"	MUESTRA:	FECHA:	O.T. No.	LAB.:	Bolsa de Material (Polvo Fino)	15/10/2010	27217	Concretos																												
INFORME No.	S.C. - 513	PROYECTO:	Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"																																						
MUESTRA:	FECHA:	O.T. No.	LAB.:																																						
Bolsa de Material (Polvo Fino)	15/10/2010	27217	Concretos																																						
CARACTERISTICAS FISICAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2.53</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1568.77</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1368.27</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">37.97</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">0.50</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td style="text-align: right;">23.28</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td style="text-align: right;">2.23</td></tr> </table>	Peso Especifico	2.53	Peso Unitario (kg/m ³)	1568.77	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1368.27	Porcentaje de Vacios	37.97	Porcentaje de Absorción	0.50	Contenido de Materia Orgánica	1	% que pasa Tamiz 200	23.28	Modulo de Finura	2.23	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">0.15</td> <td style="width: 15%;">0.30</td> <td style="width: 15%;">0.60</td> <td style="width: 15%;">1.18</td> <td style="width: 15%;">2.36</td> <td style="width: 15%;">4.75</td> <td style="width: 15%;">9.50</td> </tr> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.50</td> <td>4.75</td> <td>2.36</td> <td>1.18</td> <td>0.60</td> <td>0.30</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>99.74</td> <td>96.83</td> <td>70.17</td> <td>49.44</td> <td>35.99</td> <td>25.18</td> </tr> </table>  OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3. c) Procedencia: -----		0.15	0.30	0.60	1.18	2.36	4.75	9.50	Tamiz No.	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	% Que pasa	100.00	99.74	96.83	70.17	49.44	35.99	25.18
Peso Especifico	2.53																																								
Peso Unitario (kg/m ³)	1568.77																																								
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1368.27																																								
Porcentaje de Vacios	37.97																																								
Porcentaje de Absorción	0.50																																								
Contenido de Materia Orgánica	1																																								
% que pasa Tamiz 200	23.28																																								
Modulo de Finura	2.23																																								
	0.15	0.30	0.60	1.18	2.36	4.75	9.50																																		
Tamiz No.	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15																																		
% Que pasa	100.00	99.74	96.83	70.17	49.44	35.99	25.18																																		
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales Directora CII/USAC	Inga. Digna Xanet Méjicanos Jol Jefa Sección de Concretos																																								

Informe de ensayo de agregado fino

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA																																									
AGREGADO FINO PARA CONCRETO	INFORME No.																																									
INTERESADO: Myanor Estuardo Lopez Garcia, Carnet: 199911895	Trabajo de Tesis: "Fabricacion de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel" S.C. - 438 FECHA: 28/07/2010 O.T. No. 27218 LAB.: Concretos																																									
PROYECTO:	MUESTRA: Agregado Fino																																									
CARACTERISTICAS FISICAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2.18</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1217.73</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1051.24</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacíos</td><td style="text-align: right;">44.14</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">1.13</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td style="text-align: right;">0.00</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td style="text-align: right;">27.72</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td style="text-align: right;">2.08</td></tr> </table>	Peso Especifico	2.18	Peso Unitario (kg/m ³)	1217.73	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1051.24	Porcentaje de Vacíos	44.14	Porcentaje de Absorción	1.13	Contenido de Materia Orgánica	0	% Retenido en Tamiz 6.35	0.00	% que pasa Tamiz 200	27.72	Modulo de Finura	2.08	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tamaño en Milímetros</th> <th>9.4</th> <th>0.59</th> <th>1.19</th> <th>2.38</th> <th>4.76</th> <th>9.4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.40</td> <td>4.76</td> <td>2.38</td> <td>1.19</td> <td>0.59</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>97.04</td> <td>88.06</td> <td>77.06</td> <td>61.70</td> <td>42.84</td> <td>25.00</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño en Milímetros	9.4	0.59	1.19	2.38	4.76	9.4	Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	97.04	88.06	77.06	61.70	42.84	25.00
Peso Especifico	2.18																																									
Peso Unitario (kg/m ³)	1217.73																																									
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1051.24																																									
Porcentaje de Vacíos	44.14																																									
Porcentaje de Absorción	1.13																																									
Contenido de Materia Orgánica	0																																									
% Retenido en Tamiz 6.35	0.00																																									
% que pasa Tamiz 200	27.72																																									
Modulo de Finura	2.08																																									
Tamaño en Milímetros	9.4	0.59	1.19	2.38	4.76	9.4																																				
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15																																			
% Que pasa	100.00	97.04	88.06	77.06	61.70	42.84	25.00																																			
OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.																																										
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales Directora CII/USAC	Inga. Dylma Yanet Mejicanos Jol Jefa Sección de Concretos																																									

Informe de ensayo de arena blanca

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	AGREGADO FINO PARA CONCRETO				
INTERESADO: Maynor Estuardo López García Carné No. 199911895	INFORME No. S.C. - 495	PROYECTO: Trabajo de Tesis "Fabricación de Baldosas decorativas de Concreto con adición de Escoria de Mata de Niquel"	MUESTRA: Bolsa de Material (Arena Blanca)	O.T. No. 27219	LAB.: Concretos
FECHA: 08/10/2010					
CARACTERISTICAS FISICAS:					
Peso Especifico	1.54				
Peso Unitario (kg/m ³)	776.88				
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	688.12				
Porcentaje de Vacíos	49.55				
Porcentaje de Absorción	1.73				
Contenido de Materia Orgánica	1				
% Retenido en Tamiz 6.35	-----				
% que pasa Tamiz 200	18.28				
Modulo de Finura	3.63				



Tamiz No.	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
% Que pasa	100.00	89.36	66.19	44.91	23.14	9.55	3.91

OBSERVACIONES:


a) Muestra proporcionada por el interesado.

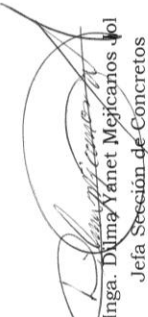
b) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.

c) Procedencia: -----

Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
 Directora CII/USAC




 Inga. Dulma Yanet Mejicanos Jol
 Jefa Sección de Concretos

Informe de ensayo modulo de ruptura y absorción a 14 días



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



BALDOSAS

O.T. No. 27566

INFORME No. 827-M

INTERESADO: MAYNOR ESTUARDO LOPEZ GARCIA CARNE No. 1999-11895
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "FABRICACION DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE MATA DE NIQUEL"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION E IMPACTO EN BALDOSAS DE CONCRETO.
PROVEEDOR: *****
FECHA: GUATEMALA, 29 DE NOVIEMBRE DE 2010.

ANTECEDENTES

El estudiante MAYNOR ESTUARDO LOPEZ GARCIA , con numero de carne No. 1999-11895 de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de flexión e impacto en 64 baldosas de concreto los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis: "FABRICACION DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO"

RESULTADOS

PRUEBA REALIZADA A UNA EDAD DE 14 DIAS MODULO DE RUPTURA y ABSORCIÓN

IDENTIFICACIÓN	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	% De Absorción
CE 100	40.00	40.01	3.23	9.80	200	26.11	12.73
1 CE 75	40.03	40.00	3.13	9.19	160	22.23	14.42
1 CE 50	40.00	39.99	3.13	9.24	150	20.86	10.77
1 CE 25	40.03	40.00	3.17	8.74	130	17.68	15.40
1 CE 15	39.97	40.00	2.97	8.71	180	27.94	15.25
1 EE 100	40.00	40.01	3.20	9.67	220	29.33	13.43
1 EE 75	40.00	40.00	3.20	9.77	175	23.33	13.00
1 EE 50	40.00	40.01	3.20	9.82	200	26.66	14.20
1 EE 25	40.00	40.00	3.00	9.33	160	24.27	12.98
1 EE 10	40.00	40.00	3.10	9.26	150	21.31	14.79
1 CE 100 EE 100	40.00	40.03	3.10	10.18	175	24.86	13.93
1 CE 75 EE 75	40.07	40.00	3.10	9.70	135	19.14	14.12
1 CE 50 EE 100	40.03	40.02	3.03	9.65	200	29.65	14.56
1 CE 100 EE 75	40.10	40.05	3.10	9.58	140	19.84	13.06
1 CE 50 EE 50	40.03	40.00	3.33	9.83	135	16.57	13.77
1 CE 0 EE 0	40.07	40.00	3.00	9.38	150	22.71	12.25

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Informe de ensayo modulo de ruptura y absorción a 21 días



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



BALDOSAS

O.T. No. 27566

INFORME No. 827-M

INTERESADO: MAYNOR ESTUARDO LOPEZ GARCIA CARNE No. 1999-11895
 PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "FABRICACION DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE MATA DE NIQUEL"
 ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION E IMPACTO EN BALDOSAS DE CONCRETO.
 PROVEEDOR: *****
 FECHA: GUATEMALA, 29 DE NOVIEMBRE DE 2010.

PRUEBA REALIZADA A UNA EDAD DE 21 DIAS MODULO DE RUPTURA

IDENTIFICACIÓN	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	% De Absorción
3 CE 100	40.10	39.93	3.30	9.43	175	21.97	14.02
3 CE 75	40.01	40.03	3.17	8.96	170	23.12	11.78
3 CE 50	40.10	40.00	3.20	9.12	215	28.66	7.99
3 CE 25	40.20	40.00	3.27	9.00	215	27.50	11.64
3 CE 15	39.97	40.03	3.20	8.97	220	29.30	13.00
3 EE 100	40.00	40.10	3.10	9.79	210	29.75	12.86
3 EE 75	40.00	39.97	3.13	9.59	185	25.74	12.14
3 EE 50	40.00	40.03	3.20	9.48	185	24.64	12.20
3 EE 25	40.01	39.93	3.07	8.86	170	24.72	13.49
3 EE 10	40.00	39.90	3.13	9.88	205	28.57	12.64
3 CE 100 EE 100	39.89	40.00	3.20	10.08	180	23.99	10.87
3 CE 75 EE 75	40.00	39.80	3.23	9.95	190	24.93	12.10
3 CE 50 EE 100	40.00	39.97	3.23	9.64	190	24.83	12.35
3 CE 100 EE 75	40.10	39.97	3.17	9.81	175	23.84	13.01
3 CE 50 EE 50	40.00	39.97	3.20	9.53	150	20.01	13.15
3 CE 0 EE 0	40.20	39.93	3.30	8.97	175	21.97	22.18



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
 Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
 Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Informe de ensayo a impacto a 14 días



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



BALDOSAS

O.T. No. 27566

INFORME No. 827-M

INTERESADO: MAYNOR ESTUARDO LOPEZ GARCIA CARNE No. 1999-11895
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "FABRICACION DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE MATA DE NIQUEL"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION E IMPACTO EN BALDOSAS DE CONCRETO.
PROVEEDOR: *****
FECHA: GUATEMALA, 29 DE NOVIEMBRE DE 2010.

PRUEBA REALIZADA A UNA EDAD DE 14 DIAS ENSAYO A IMPACTO

IDENTIFICACIÓN	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Impacto (cm)
2 CE 100	40.00	40.07	3.23	36.00
2 CE 75	40.00	40.07	3.13	35.00
2 CE 50	40.00	40.07	3.13	24.00
2 CE 25	40.00	40.00	3.17	28.00
2 CE 15	40.13	40.00	2.97	29.00
2 EE 100	40.00	40.03	3.20	35.00
2 EE 75	40.10	40.07	3.20	44.00
2 EE 50	40.00	40.00	3.20	34.00
2 EE 25	40.00	40.00	3.00	40.00
2 EE 10	40.07	40.00	3.10	38.00
2 CE 100 EE 100	40.00	40.07	3.10	24.00
2 CE 75 EE 75	40.00	40.03	3.10	27.00
2 CE 50 EE 100	40.00	40.07	3.03	28.00
2 CE 100 EE 75	40.00	40.00	3.10	38.00
2 CE 50 EE 50	40.00	40.03	3.33	30.00
2 CE 0 EE 0	40.00	40.00	3.00	22.00



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12, Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Informe de ensayo a impacto a 21 días



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



BALDOSAS

O.T. No. 27566

INFORME No. 827-M

INTERESADO: MAYNOR ESTUARDO LOPEZ GARCIA CARNE No. 1999-11895
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "FABRICACION DE BALDOSAS DECORATIVAS DE CONCRETO
CON ADICION DE ESCORIA DE MATA DE NIQUEL"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION E IMPACTO EN BALDOSAS DE CONCRETO.
PROVEEDOR: *****
FECHA: GUATEMALA, 29 DE NOVIEMBRE DE 2010.

PRUEBA REALIZADA A UNA EDAD DE 21 DIAS ENSAYO A IMPACTO

IDENTIFICACIÓN	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Impacto (cm)
4 CE 100	40.03	39.97	2.70	33.00
4 CE 75	40.03	39.97	3.20	35.00
4 CE 50	40.00	40.00	3.20	24.00
4 CE 25	40.10	39.90	3.17	39.00
4 CE 15	40.03	39.90	3.20	27.00
4 EE 100	40.00	40.03	3.20	42.00
4 EE 75	40.07	40.00	3.40	40.00
4 EE 50	40.13	39.90	3.20	34.00
4 EE 25	40.00	40.03	3.10	37.00
4 EE 10	39.97	40.03	3.20	40.00
4 CE 100 EE 100	40.03	39.97	3.33	26.00
4 CE 75 EE 75	40.00	39.97	3.10	25.00
4 CE 50 EE 100	40.00	39.97	3.20	37.00
4 CE 100 EE 75	40.00	39.97	3.20	37.00
4 CE 50 EE 50	40.00	40.00	3.20	22.00
4 CE 0 EE 0	40.00	39.93	3.07	39.00

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Jefe de Metales y Productos
Manufacturados
y
C.I.I.

Atentamente,

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA C.I.I.

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Informe de ensayo a adherencia



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 16722

INFORME No. S.C. - 246

O.T. No. 28118

INTERESADO: Mynor Estuardo López García Carné 199911895
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Fabricación de baldosas decorativas de concreto con adición de escoria de mata de níquel"
ASUNTO: Ensayo de Fricción y adherencia
FECHA: 01 de abril de 2011

RESULTADOS:

MUESTRA	ÁREA DE CONTACTO (cm ²)	CARGA DE FALLA (kg)	ESFUERZO DE ADHERENCIA (kg)	TIPO DE FALLA
Baldosa 1	800.00	2,900.00	1.81	Adherencia
Baldosa 2	800.00	3,200.00	2.00	Adherencia

OBSERVACIONES:

- a) Las dos baldosas fallaron en el área CARA-ESPALDA

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados y Concretos



EMG

