

FACTORES QUE MOTIVARON EL DESUSO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN POR ENRAJONADO Y SOLADURA EN EL MUNICIPIO DE MATANZAS

Ing. Wendy Ortega Castillo¹, Ing. Dayam Ramos Manrique², Ing. Alejandro Hernández Hernández³

- 1. Grupo Empresarial de Construcción Matanzas (GECMA), San Luis # 13 E/ San Juan Bautista y San Francisco, Matanzas, Cuba.*
- 2. Universidad de Matanzas, Vía Blanca km.3, Matanzas, Cuba.*
- 3. Universidad de Matanzas, Vía Blanca km.3, Matanzas, Cuba.*

Resumen.

La cubierta es la defensa exterior de una edificación y es uno de los elementos que contiene mayores dificultades constructivas. En toda obra, la impermeabilización es un medio protector contra la humedad, la lluvia, la penetración del agua y un freno al envejecimiento y corrosión. Los sistemas más adecuados a utilizar en una construcción, son los que más se adapten a las condiciones del clima y las necesidades de la localidad, en el caso de Cuba es la solución por enrajonado y soldadura, la cual no está siendo usada en el municipio de Matanzas, a pesar de sus ventajas. En este trabajo se propone realizar un estudio de este sistema de impermeabilización en nuestra localidad, analizando sus elementos componentes y los factores que intervienen en su implementación. A través del diseño de un procedimiento metodológico que consta de cuatro etapas, las cuales permiten analizar la disponibilidad de los materiales que componen la solución y la calidad de las losas de azotea de cerámica roja atendiendo a los parámetros de absorción, alabeo, dimensiones, permeabilidad y resistencia a la flexión.

Palabras claves: Sistema de impermeabilización; Enrajonado; Soldadura; Absorción; Alabeo; Permeabilidad; Resistencia.

Introducción

Las cubiertas desde su aparición en el mundo, ciertamente han estado ligadas a la evolución del hombre y su necesidad de adaptarse al entorno, tratando de interponer entre él y el ambiente un elemento o material constructivo más o menos perfecto. Este medio tenía el propósito de protegerlo de los agentes atmosféricos como la lluvia, sol y el viento, hoy las cubiertas no solo cumplen esas funciones sino que también deben ser el sistema de cierre de una edificación, un aislante térmico y acústico.

Si bien las cubiertas han sido concebidas desde un principio con el fin de evitar el paso de fluidos al interior de nuestras edificaciones, es de dominio público que las filtraciones y humedades son de los males que más afectan las construcciones en nuestro país. Estas patologías suelen ser las causantes a largo plazo de muchas de las lesiones que puedan presentarse en las edificaciones disminuyendo así la vida útil de las mismas, en algunas ocasiones su origen puede estar dado por la falta de mantenimiento, los errores de concepción o de ejecución de los proyectos.

A esto se debe la importancia que contiene una adecuada impermeabilización de las cubiertas tanto las de nueva construcción como las que requieren ser reparadas, puesto que una correcta impermeabilización incide directamente en la conservación de una edificación y esto a su vez en un ahorro significativo de materiales y recursos. La utilización del sistema de impermeabilización más eficaz, en cada edificación, según el presupuesto del que se dispone, el clima predominante de la zona, el tipo de cubierta a impermeabilizar y los medios, recursos y tiempo con que se cuenta, asegura la máxima calidad de la obra y por tanto un mayor confort y durabilidad de la misma.

Uno de los sistemas de impermeabilización más utilizados en nuestro país es el sistema por enrajonado y soldadura, que a través de Ramos et al. (2015) se logró demostrar que el mismo por sus características es más económico desde el punto de vista de su construcción y mantenimiento, presenta mayor vida útil y un mayor confort que otros sistemas utilizados en el país

Al analizar la utilización de los diferentes sistemas de impermeabilización en la provincia de Matanzas se percibió que el sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura no está siendo utilizado en el municipio de Matanzas, a pesar de ser este el sistema óptimo a emplear en Cuba por sus condiciones climáticas.

Por lo que nos proponemos determinar los factores que provocaron el desuso del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura en el municipio de Matanzas, analizando cuales son los elementos componentes del mismo y los factores que intervienen en su implementación.

Desarrollo

El estudio del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura se sostiene a partir de la necesidad que existe en el territorio de contar con una solución de impermeabilización duradera, económica y adaptable a nuestro clima y por el amplio uso que tiene dicha solución en viejas construcciones, en las que se encuentra en condiciones en las que puede ser conservado, constituyendo un ahorro económico significativo en obras de reparación.

Las características que presenta el sistema, aportan diversas ventajas a las cubiertas y construcciones que cuentan con esta solución como impermeabilización, entre ellas se encuentran la alta durabilidad de sus componentes con relación a la de otros sistemas que suelen ser menores, el cual presenta una vida útil de 20 años como valor mínimo, la propiedad de hidroacumulador del enrajonado que proporciona temperaturas agradables bajo la cubierta y la producción nacional de sus componentes.

El procedimiento para la evaluación del sistema estará formado por cuatro etapas, cada una de las cuales contiene los pasos que servirán de guía para hacer el análisis del sistema (Ver figura 1).

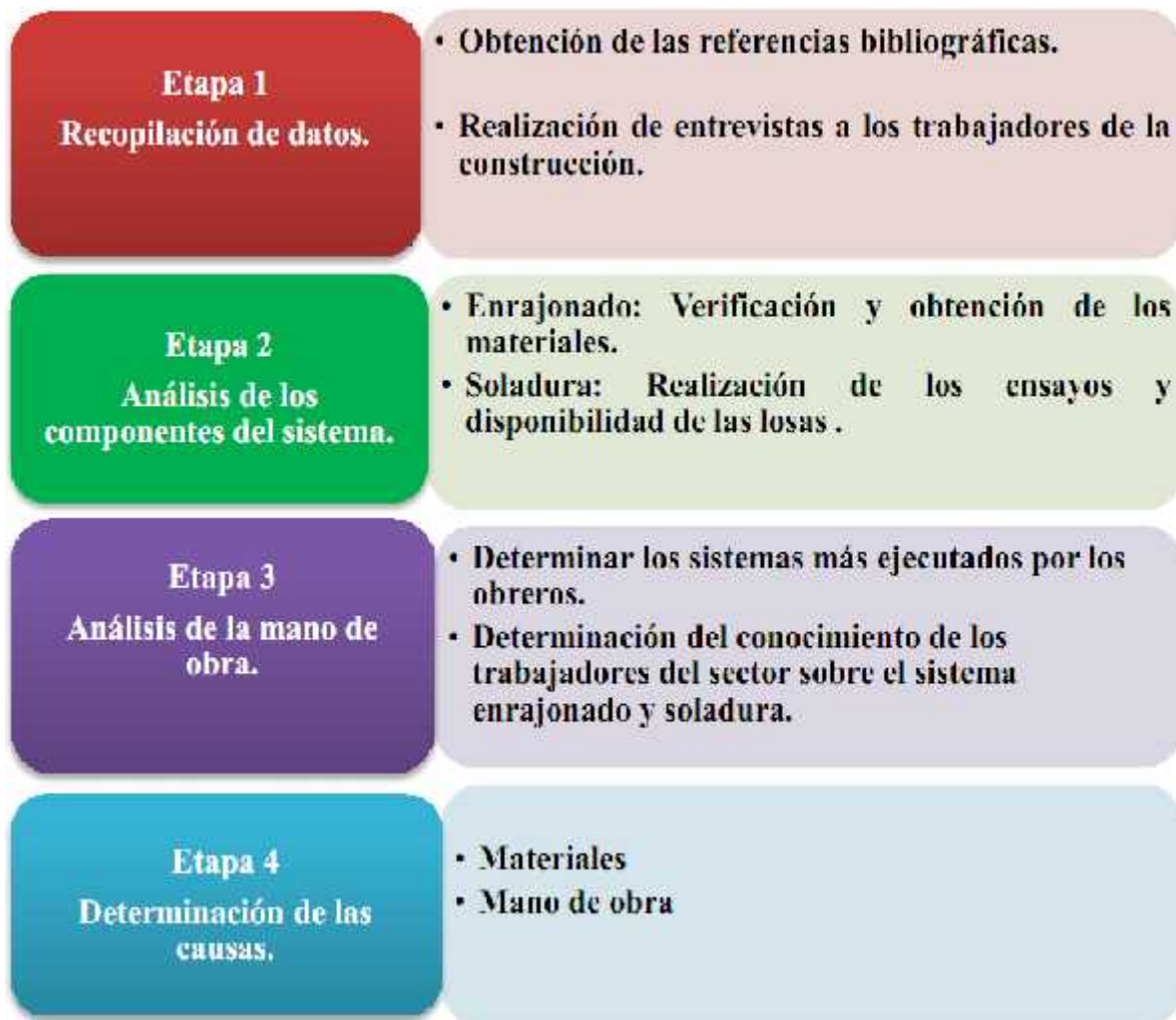


Figura 1: Procedimiento para la evaluación del sistema de impermeabilización.

Etapa 1: Recopilación de los datos necesarios para el estudio.

Paso 1.1: Obtención de las referencias bibliográficas.

Este primer paso en la etapa 1 consiste en la obtención de las referencias bibliográficas necesarias para llevar a cabo la evaluación del sistema.

Con toda la información necesaria adquirida, dígame referencias bibliográficas, conferencias impartidas por la Dra. Ing. María Luisa Rivada Vázquez, la especificación técnica establecida para la realización de los ensayos, conseguida vía correo electrónico de la Empresa Materiales de la Construcción Sancti Spíritus, las normativas referentes a los sistemas de impermeabilización, como diversas tesis y materiales que sirvieron de apoyo en la ejecución de este trabajo recibidas a partir de las colaboración de distintos profesionales en las entrevistas que se le fueron realizadas y centros de información como el ubicado en la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI), se partirá a la elaboración de los pasos restantes.

Paso 1.2: Realización de las entrevistas a los trabajadores de la construcción.

Las entrevistas fueron realizadas a los trabajadores de las Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), en el MICONS, en la ECOIN # 9, en la Empresa de Mantenimiento de la Construcción (EMCONS) UEB Colón y en la AEI BBI-ARCOS con el objetivo de conocer la opinión de los distintos profesionales sobre las causas que originaron la no utilización del sistema de impermeabilización objeto de estudio en las nuevas edificaciones y los problemas relacionados con esta solución.

De los cuales se obtuvo las siguientes informaciones:

- En la provincia no se cuenta con la producción de losas de azotea de cerámica roja en la actualidad.
- La fabricación de estas losas se detuvo en el tejear de Sabanilla, Unión de Reyes con la entrada del país en el llamado período especial.
- La materia prima utilizada en la elaboración de las losas en Matanzas poseía muy baja calidad por lo que en muchas ocasiones las mismas eran permeables antes de lo establecido.
- En las empresas donde fueron entrevistados los trabajadores no se cuenta con ninguna normativa referente a la realización de ensayos en las losas de azotea.
- La fábrica de cal localizada en el municipio de Cárdenas pasó a formar parte de la industria azucarera porque esta generaba costos de producción elevados para el sector de la construcción.
- La mayoría de las losas de azotea que se adquieren en la provincia provienen de Sancti Spíritus, Pinar de Río y han sido utilizadas también losas procedentes de Granma y Villa Clara.
- En Matanzas existen tres canteras de las cuales se pueden extraer la arena y el material calizo para la construcción del enrajonado.
- El uso del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura ha sido sustituido en la provincia por el empleo de impermeabilizantes a base de productos asfálticos, estos representan casi la totalidad de las soluciones aplicadas en nuevas construcciones.

Etapas 2: Análisis de los componentes del sistema.

Paso 2.1: Enrajonado: Verificación y obtención de los materiales.

El análisis de los componentes del enrajonado se realizó a partir de los requisitos establecidos en la NC 140.2002, la cual indica el tipo y características específicas de cada uno de los materiales que integran el sistema.

El enrajonado deberá estar formado por una parte de cemento P-250, una de cal apagada y veinticinco de material calizo (producto de roca blanda fácilmente desintegrable, libre de materia orgánica, con no más de un 30 % de partículas gruesas entre 50 mm y 70mm). El agua para el amasado de los materiales debe ser potable.

Paso 2.1.1: Cemento Portland 250.

La NC 140.2002 establece que el cemento a utilizar en el enrajonado será de tipo Portland 250, por lo que en este paso se determinará si este material de construcción es de fácil obtención en la provincia y si se cumplen los requisitos estipulados en la NC 499.2012 sobre el cuidado en su transportación, manipulación, almacenamiento y conservación.

Cuba fue el primer país que produjo cemento en América Latina en el año 1895. En 1960 el gobierno cubano nacionalizó todas las fábricas de cemento y pasaron a control estatal. La inversión de Cuba en las plantas de cemento permite incrementar el procesamiento de roca desde 2,5 millones de metros cúbicos en 1960 a 47,6 millones en 1980. El corte de los subsidios soviéticos al precio del petróleo suministrado a Cuba conduce a la reducción drástica de la producción, por lo que en los años 90 el país sufrió un gran déficit de este producto.

En el presente Cuba cuenta con 6 fábricas de cemento (ver tabla 1).

Tabla 1: Fabricas productoras de cemento en Cuba.

Fabricas	Provincia
Cementos Cienfuegos S.A.	Cienfuegos
Fábrica de cemento del Mariel	Artemisa
Fábrica de cemento Siguaney	Sancti Spíritus
Mártires de Artemisa	Artemisa
Nuevitas (26 de Julio)	Camagüey
José Merceron	Santiago de Cuba

La capacidad de producción instalada actualmente en el país, es de alrededor de 5 700 000 toneladas al año. [León 2014].

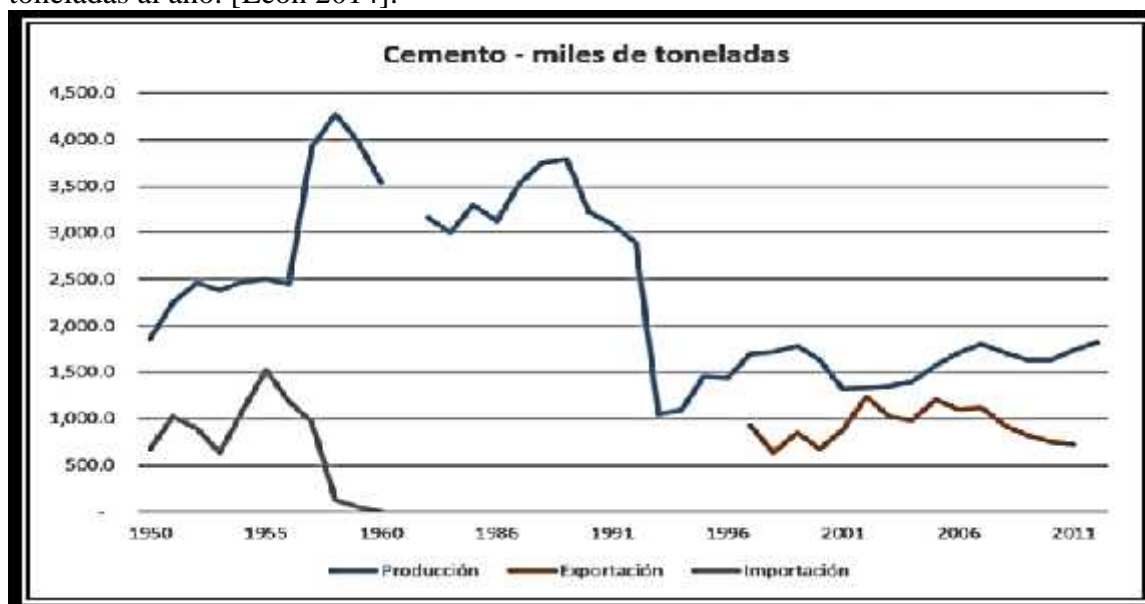


Gráfico 1: Producción de cemento de 1997 a 2011.

Fuente: Cuban Cement Industry Teo A. Babún Jr. ONE. No hay datos de la producción de cemento en el período 1961 – 1982.

El siguiente gráfico muestra el consumo de cemento por habitante a través de los años:

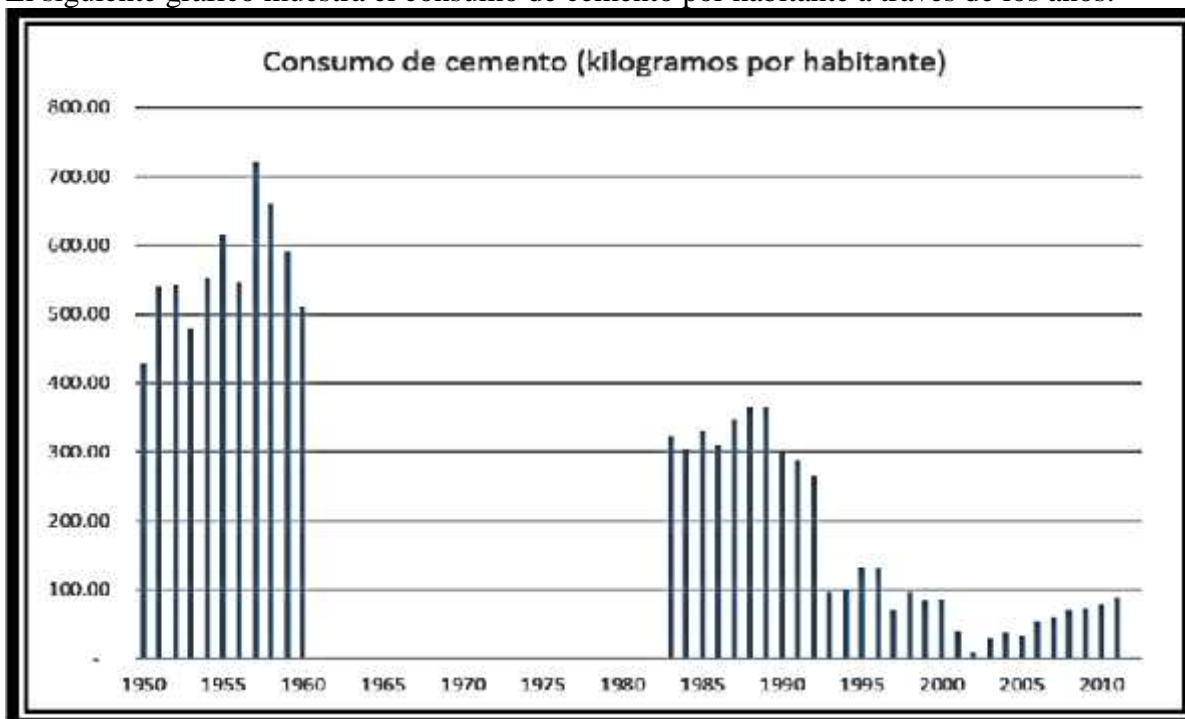


Gráfico 2: Consumo de cemento (kilogramos por habitante).

Fuente: Cuban Cement Industry Teo A. Babún Jr. ONE. No hay datos de la producción de cemento en el período 1961 – 1982.

Según los gráficos mostrados y lo expuesto anteriormente se puede deducir de forma fácil que a través de los años la producción de cemento en el país sobrepasa los índices de consumo por habitantes, por lo que la obtención de este producto de manera general no presenta un problema en Cuba.

Al señalar las fábricas de cemento existentes en la nación se hace evidente que la provincia de Matanzas no cuenta con ninguna de este tipo, lo que causa que el cemento que se utiliza en la provincia provenga en su mayoría de la empresa mixta Cementos Cienfuegos SA y de la fábrica de cemento del Mariel, en el mercado matancero se pueden encontrar cementos de otras fábricas del país, pero estos en menor cantidad. La utilización en Matanzas de cementos de estas fábricas se debe en buena medida a la cercanía de las mismas y a su alto poder productivo. La fábrica Mártires de Artemisa también se encuentra próxima a la región matancera, pero esta tiene una menor producción de cemento debido a que no cuentan con hornos de clinker, recibiendo ese producto de la Fábrica de Cemento “René Arcay” del Mariel.

La producción de este material de construcción fuera de la provincia origina transportación, manipulación, almacenamiento y conservación. Según las entrevistas efectuadas en el patio de materiales de la construcción “El Ladrillo” que se encuentra ubicado en la bajada del puente San Luis y en otras entidades, el cemento en sacos multicapas de papel se almacena en locales cerrados, cubiertos y secos. Se colocan sobre paletas de madera, dejando una separación mínima de 10 cm de las paredes del almacén, y no menos de 15 cm de

separación del piso. Se conoce que empresas, como las plantas de prefabricados de la provincia, que emplean cementos a granel lo almacenan en silos de hormigón o acero.

Para la transportación por carretera del cemento en bolsas se emplean camiones y se cubre la carga con un manto de material impermeable para evitar que se humedezca.

Paso 2.1.2: Hidrato de cal.

El hidrato de cal o cal apagada, se utiliza en la construcción debido a sus características higroscópicas, elevada plasticidad y retención de agua, el hidrato de cal contribuye a que los morteros adquieran óptimas propiedades plásticas, neutraliza la absorción de agua de las losas, penetra más en los poros y se adapta mejor a las irregularidades superficiales.

La fábrica de cal localizada en el municipio de Cárdenas pertenecía al Ministerio de la Construcción (MICONS) y era la encargada de producir este material destinado para las obras de la provincia, que es utilizado como un componente de los morteros. Posteriormente se decidió que dicha fábrica pasara a manos del Ministerio del Azúcar, ya que se concluyó que la fabricación de este producto se transformó en un proceso irrentable para la industria de la construcción en el período especial.

La cal se utiliza en los centrales azucareros para el tratamiento de sus residuos sólidos y líquidos, como agente neutralizador de los residuos químicos contenidos en sus descargas, además se mezcla con el jugo extraído de la caña, (llamado «guarapo») que tiene de 10 a 14 % de sacarosa, para evitar la acidificación. [Zayas 2014].

A partir de esta modificación, en la provincia deja de existir una producción de hidrato de cal destinada al sector de la construcción, provocando esto que se suspendiera su uso en los morteros y demás áreas en las que se utilizaba, empleando en muchas ocasiones de la cal, que es capaz de retener el agua en la mezcla y proporciona mayor tiempo de laborabilidad.

Estudios precedentes han propuesto la utilización de otros materiales que cumplan las mismas funciones que el hidrato de cal, como es el caso del sulacre que se obtiene a partir de la trituración de la materia prima empleada en la construcción de las losas de azotea, el cual favorece la adherencia entre el enrajonado y las losas, este material es de difícil obtención en la provincia debido a que no existe producción de losas de azotea en Matanzas.

Otro de los materiales que se demostró según Zayas [2014] que puede ser empleado en los morteros y por lo tanto en el enrajonado, como sustituto del hidrato de cal, es el cieno de acetileno, un residuo de la producción de acetileno.

La producción de acetileno se ejecuta en equipos generadores, adecuadamente diseñados, donde la reacción del carburo de calcio con agua genera el acetileno de alta pureza, y además se obtiene gran cantidad de hidróxido de calcio (hidrato de cal). [Zayas 2014].

El carburo de calcio es la fuente principal en la producción de acetileno, por cada tonelada de carburo de calcio (CaC_2) que se produce, se obtiene una tonelada de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o hidrato de cal.

En el trabajo realizado por Zayas [2014] tal como cita Álvarez [2014] se demuestra que el subproducto de la producción de acetileno presenta similar comportamiento en los morteros que el hidrato de cal comercial, aunque se recomienda caracterizar este tipo de subproducto para determinar sus propiedades, ya que cuando está mucho tiempo a la intemperie tiende a carbonatarse y disminuye sus propiedades como hidrato de cal, al pasar a formarse carbonato de calcio.

Este producto es producido en la UEB Gases Industriales de Matanzas que se encuentra ubicada en el kilómetro 152 de la carretera central, en el municipio de Jovellanos. La misma genera actualmente unos 201 854 kg de cieno de acetileno al año.

El cieno de cal de la UEB Gases Industriales de Matanzas tiene las características que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2: Composición del cieno de cal.

Fuente: Tomado de Zayas Cancela, Alejandro.2014

Salida del generador	Composición (%)	NC 54-286: 1984
Ca(OH) ₂	96.5	-
CaO aprovechable, mín.	73	56
CaCO ₃	1.25	-
SiO ₂	1.1	2.0 máx.
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (R ₂ O ₃)	0.5	5.0 máx.
Mg(OH) ₂	0.25	-
MgO, máx.	0.17	2.5 máx.
S	0.15	-
C libre	0.25	-
Ag	Trazas	-
Pb	Trazas	-

Como se puede observar en la tabla 2 el 96,5% del cieno de cal derivado de la producción de acetileno está compuesto por hidrato de cal perfectamente aprovechable para su uso en morteros mixtos. Esta opción planteada por Zayas [2014] podría ser la alternativa para solucionar el problema de la ausencia de elaboración de hidrato de cal destinado a la construcción en estos momentos en la provincia matancera.

Paso 2.1.3: Material calizo.

El material calizo que se debe emplear en la construcción del enrajonado según la NC 140.2002 será producto de roca blanda fácilmente desintegrable, libre de materia orgánica, con no más de un 30 % de partículas gruesas entre 50 mm y 70 mm y no más del 10 % de arcilla.

En esta sección se determinara mediante la entrevista a los diferentes profesionales, principalmente a los que trabajan en el Laboratorio de Materiales de la Construcción que pertenece a la ENIA, de que sitio proviene el material calizo que se utiliza en la provincia y si la producción de este material cumple con los requisitos necesarios para su utilización en el enrajonado.

Los áridos son aquellas materias de forma granular o fibrosa que, con preparación especial o sin ella, han de ser unidos entre sí por un aglomerante. Los áridos pueden clasificarse en naturales y artificiales. Las propiedades deseables de un árido para utilizarlo en hormigón son: que sea químicamente inerte, duradero, duro, resistente a los esfuerzos mecánicos, de forma aproximadamente cúbica después de triturado y capaz de dar una buena adherencia con la pasta de cemento. [Acevedo 1985].

La arena utilizada en el enrajonado será calcárea, lavada y que pase el tamiz de 4.76 mm (No 4) y el material calizo estará formado por roca blanda, fácilmente desintegrable, libre de materia orgánica, con no más del 10 % de arcilla y no más del 30 % de partículas gruesas (entre 50 mm y 70 mm).(Ver tabla 3).

Tabla 3: Fracción de las partículas que componen el enrajonado.

Fuente: Tomado de NC 178.2002.

	Fracciones de áridos, expresados en mm
Fina	4.76-0.149
Gruesa	25-4.76
	38-25
	76-38

En la provincia de Matanzas se pueden encontrar tres canteras de las cuales pueden ser obtenidos los áridos para la elaboración del enrajonado, la cantera Antonio Maceo del municipio de Coliseo que está compuesta por rocas calizas, dolomitas y dolomitas calcáreas que componen la roca útil del yacimiento, el Centro de Producción Planta Libertad del municipio de Limonar, que su yacimiento es de origen calizo y la cantera de Regalito la que destina su producción de áridos en su mayoría a la construcción en el polo turístico de Varadero.

La disponibilidad de este material de construcción en la provincia de Matanzas no se presente como un problema a la hora de confeccionar el enrajonado como parte del sistema de impermeabilización, pero es necesario que se realicen los estudios requeridos para determinar la calidad de los áridos.

Estudios precedentes [Zayas 2014] y [León 2011] han analizado la composición de los áridos de las canteras de Limonar y Coliseo respectivamente, proporcionando los siguientes resultados:

- El material estudiado por Zayas [2014] posee menos del 30 % de partículas gruesas entre 50 mm y 70 mm, pasando el 100% de la muestra por el tamiz de 3/8" (9,52 mm), esta no cumplió con los parámetros granulométricos, porque el porcentaje de pasado de los tamices No.4, No.8 y No.16 fue inferior a los porcentajes especificados en la NC 657: 2008, el pasado por el tamiz No.4 fue del 91% y la NC 657: 2008 especifica que este se encuentre en el intervalo de 95 al 100%, por lo que en cuanto a este requisito la arena ensayada no puede ser utilizada en la construcción del sistema de impermeabilización. La muestra presenta un 0% de arcilla y se recomienda por las normativas que este no sea mayor del 10% por lo que es adecuado.

- El material estudiado por León [2011] fue un árido grueso con tamaño de partícula entre 9,52 mm- 4,76 mm por lo que posee menos del 30 % de partículas gruesas entre 50 mm y 70 mm, pasando el 100% de la muestra por el tamiz de 1/2" (12,7 mm). El pasado por el tamiz No.4 fue de 18% y según la NC 251:2005 este debe estar comprendida entre un 15 y 35% de manera que se comprobó que la granulometría cumple con las especificaciones requeridas y también el porcentaje de arcilla que es de 0, pudiendo así ser utilizada esta muestra para la construcción del sistema de impermeabilización.

El árido proveniente de la cantera "Antonio Maceo" de Coliseo presenta mejores propiedades físicas para su uso como parte de la solución de impermeabilización que es objeto de estudio, según los estudios referenciados.

Paso 2.2: Soladura: Realización de los ensayos y disponibilidad de las losas.

En esta etapa se llevará a cabo el análisis de las losas de azotea que se utilizan en el sistema de impermeabilización por enrajonado y soladura: la rasilla como es más conocida en el argot popular de la construcción, para ello se realizará una comparación entre el comportamiento de las losas producidas en el período del segundo quinquenio de la década del 70 y las que se utilizan actualmente en las construcciones del país, con el fin de poder determinar si la disminución de su uso como solución de impermeabilización y vida útil de las losas que se producen hoy, están ligada directamente con factores de producción o ejecución del sistema que pueden ser mejorados con un aumento de la calidad de los materiales que son utilizados para su confección, o con una mayor preparación de los trabajadores encargados de su proceso de construcción. También será importante determinar si las losas para la construcción del sistema son de fácil obtención en Matanzas.

Paso 2.2.1: Determinación de la muestra a ensayar.

Este paso consiste en determinar el número de losas que son necesarias ensayar, para obtener los datos reales de su calidad, dado que las losas más antiguas se obtuvieron de una edificación que se encuentra en etapa de reparación y las más nuevas que provienen unas de las losas que van a ser utilizadas en la Nueva Fiscalía que proceden de la Empresa de Materiales de la Construcción de Sancti Spíritus y la otra muestra de un lote fabricado por un productor del sector no estatal en Cano, Pinar del Río comercializadas en Matanzas por el sector no estatal igualmente, y no se cuenta con un lote exacto para fijar una cantidad de losas para ensayar según la ET-E-05, se toma una muestra representativa de la cantidad total siguiendo el cálculo del tamaño de la muestra según Guerra et al.[2003], aplicándose la siguiente expresión (1) para la determinación del tamaño de la muestra:

$$n = \frac{S^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{E^2 (N - 1) + S^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Dónde:

n Tamaño de muestra

S Nivel de confianza con el que se trabaja.

p y q Varianza poblacional

- E Error con que el investigador desea trabajar.
- N Tamaño de la población.

Tabla 4: Tamaño de muestras de los distintos lotes de soladura.

Datos:	Soladura (losa de azotea)		
	Antiguas provenientes de Matanzas	Provenientes de Pinar del Río	Provenientes de Sancti Spíritus.
S	1,28-80%	1,28-80%	1,28-80%
p	0,50	0,50	0,50
q	0,50	0,50	0,50
E	0,20	0,20	0,20
N	3153	500	3514
Tamaño de muestra (n)	10	10	10

En total se dispondrá de una muestra de 30 losas, 10 losas procedentes del sistema de impermeabilización de la escuela secundaria Roberto Coco Peredo del municipio de Colón, el cual fue construido en 1978 y actualmente se encuentra en reparación, por lo que estas losas tienen aproximadamente 37 años de vida útil, 10 losas procedentes de la Empresa Materiales de la Construcción Sancti Spíritus utilizadas en la impermeabilización de la cubierta de la Nueva Fiscalía y 10 losas provenientes del poblado de Cano en Pinar del Río, producidas por trabajadores por cuenta propia . El bajo número de unidades de las cuales se disponen para la investigación se debe a su difícil adquisición, puesto que en la actualidad este sistema de impermeabilización no presenta mucho uso comercial, lo que hace engorroso la obtención de las losas de nueva producción y para adquirir las unidades más antiguas se hace necesario remitirse a la búsqueda de cubiertas que presentarán dicha solución en desuso.

Paso 2.2.2: Realización de los ensayos.

Las losas de azotea se sometieron a una inspección visual antes de ser ensayadas, que consiste en una evaluación de sus atributos para determinar si las mismas son aptas para emplear en la construcción. Después de realizada la inspección se determinó que las losas no mostraron eflorescencia, desconchado y solo la losa número 2 de Pinar del Río presentó un color más oscuro que su típico rojo cerámico. Para su identificación se marcó cada elemento con un creyón en el centro indicando su número consecutivo y la inicial mayúscula de su procedencia, ejemplo: la losa 3P indica que es la número 3 del lote de Pinar del Río. En las siguientes tablas se hará un resumen de los defectos de acabado mostrados en las losas (Ver tablas 5,6 y 7).

Tabla 5: Defectos de acabado en las losas antiguas.

Losas Antiguas	Denominación de defectos			
No	Afloramiento de hierro	Afloramiento de caliche	Falsa escuadra	Rajadura Pasante
1	< de 3mm	-	-	-
2	-	< de 3mm	-	-
3	< de 3mm	-	-	-
4	< de 3mm	-	-	-
5	< de 3mm	-	-	-
6	< de 3mm	-	-	-
7	< de 3mm	-	-	-
8	< de 3mm	< de 3mm	-	-
9	< de 3mm	< de 3mm	-	-
10	< de 3mm	< de 3mm	-	-

Tabla 6: Defectos de acabado en las losas Pinar del Río.

Losas Pinar del Río.	Denominación de defectos			
No	Afloramiento de hierro	Afloramiento de caliche	Falsa escuadra	Rajadura Pasante
1P	-	< de 3mm	-	-
2P	-	< de 3mm	-	-
3P	-	< de 3mm	-	-
4P	-	< de 3mm	-	-
5P	-	-	-	-
6P	-	< de 3mm	-	-
7P	-	< de 3mm	-	-
8P	-	< de 3mm	-	-
9P	-	< de 3mm	-	-
10P	-	< de 3mm	-	-

Tabla 7: Defectos de acabado en las losas de Sancti Spíritus.

Losas Sancti Spíritus	Denominación de defectos			
	Afloramiento de hierro	Afloramiento de caliche	Falsa escuadra	Rajadura Pasante
No				
1S	-	< de 3mm	-	-
2S	-	-	-	-
3S	-	-	-	-
4S	-	-	-	-
5S	-	< de 3mm	-	-
6S	-	-	-	-
7S	-	-	-	-
8S	-	-	-	-
9S	-	-	-	-
10S	-	-	-	-

Según la inspección visual llevada a cabo en la investigación se puede concluir que la muestra que presenta menores defectos de acabado, es la procedente del tejador Enrique Villegas perteneciente a la UEB de Cerámica de la Empresa Materiales de la Construcción Sancti Spíritus, ya que solo muestra afloramiento de caliche menor de 3mm en las losas 1 y 5 que conforman la muestra, las losas que provienen de un productor privado en Cano, Pinar del Río presentaron en su mayoría afloramiento de caliche menor de 3mm exceptuando la muestra 5P. Las muestras obtenidas de la edificación en desuso en el municipio de Colón, fueron las de mayor presencia de defectos de acabado teniendo en cuenta que estas, estuvieron expuestas a la intemperie aproximadamente 37 años. Los defectos de acabado presentes en las muestras en su totalidad eran menores de 3mm, por lo que todas las losas pueden ser usadas como parte de las muestras a ensayar. (Ver gráfico 3)

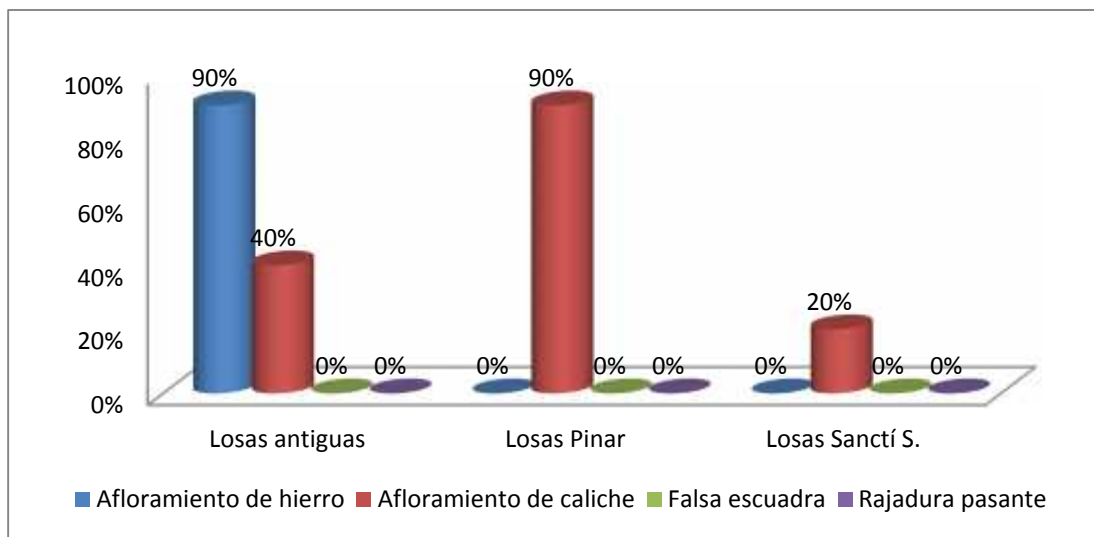


Gráfico 3: Comparación de los defectos de acabado en las losas de azotea.

Paso 2.2.2.1: Determinación de las dimensiones.

Este ensayo persigue el objetivo de determinar si las losas analizadas cumplen con las dimensiones establecidas por las normas y especificaciones pertinentes, que indican su ancho, longitud y espesor. Las mediciones de las muestras se efectuaron siguiendo el procedimiento establecido en la tabla 8 y deberán cumplir las especificaciones establecidas en la tabla 9 tomada de la ET-E-05 Losa de azotea.

Tabla 8: Procedimiento de mediciones.

Fuente: Tomado de ET-E-05 Losa de Azotea mejorado.

Dimensiones	Procedimiento de medición.	Valor promedio
Longitud	4 mediciones (li), 2 para cada cara de la losa de azotea.	$l = \frac{\sum li}{4}$
Anchura	3 mediciones, 2 en los extremos y 1 en el centro de la losa de azotea	$H = \frac{\sum Hi}{3}$
Grosor	4 mediciones (ei), 1 en el centro de cada cara lateral de la losa de azotea.	$T = \frac{\sum ei}{4}$

Tabla 9: Dimensiones.

Fuente: Tomado de ET-E-05 Losa de Azotea.

Dimensiones		
Anchura (A)	Longitud (L)	Grosor (G)
135 +/- 5	(2A+10) +/- 5	10 +/- 1(2)

El siguiente número de tablas muestra los resultados obtenidos a partir de la determinación de las dimensiones de las muestras que componen el estudio:

Tabla 10: Determinación de las dimensiones en las losas antiguas.

Losas Antiguas	Dimensiones (mm)			
	No	Longitud promedio	Ancho promedio	Grosor promedio
1	1	286	139	10
2	2	291	139	10
3	3	293.75	139	11
4	4	296.75	140.33	10.5
5	5	291.5	140.333	11.25
6	6	295	139.66	10.5
7	7	296.5	140.66	11
8	8	290	140	9.25
9	9	291	139	11
10	10	288.25	138	9.75

Tabla 11: Rectificación de las dimensiones.

Dimensiones (mm).				
Losas	Anchura (A)	Longitud (L)	L.promedio	Grosor (G)
No	135 ± 5	$(2A + 10)$	± 5	10 ± 1
1	139	288	286	10
2	139	288	291	10
3	139	288	293,75	11
4	140,3	291	296,75	10,5
5	140,3	291	291,5	11,25
6	139,6	289,2	295	10,5
7	140,6	291,2	296,5	11
8	140	290	290	9,25
9	139	288	291	11
10	138	286	288,25	9,75

El ancho y grosor de todas las losas muestreadas se encuentran dentro de las tolerancias que se establecen por las referencias normativas, en las longitudes solo se hallan fuera de este marco las muestras 3, 4, 6 y 7 por menos de un milímetro, lo que no se consideró como un incumplimiento de este parámetro.

Tabla 12: Determinación de las dimensiones en las losas Pinar del Río.

Losas Pinar del Río	Dimensiones (mm)			
	No	Longitud promedio	Ancho promedio	Grosor promedio
1	1	276.5	132.66	14
2	2	268.5	113	14
3	3	277.5	133.66	14
4	4	279	135.33	14.5
5	5	277.25	133	14
6	6	275.5	131.66	14
7	7	274.25	131.66	14
8	8	274.25	131.66	14
9	9	278	133.33	14.5
10	10	278.5	131.66	14.5

Tabla 13: Rectificación de las dimensiones.

Dimensiones (mm).				
Losas Pinar	Anchura (A)	Longitud (L)	L.promedio	Grosor (G)
No	135 ± 5	(2A +10)	±5	10 ± 1
1P	132,66	275,32	276,5	14
2P	130	270	268,5	14
3P	133,66	277,32	277,5	14
4P	135,33	280,66	279	14,5
5P	133	276	277,25	14
6P	131,66	273,32	275,5	14
7P	131,66	273,32	274,25	14
8P	131,66	273,32	274,25	14
9P	133,33	276,66	278	14,5
10P	131,66	273,32	278,5	14,5

Las muestras procedentes de la provincia más occidental del país, Pinar del Río, presentaron grosores superiores en 2 y 3 mm a los 11 mm que se establecen como un espesor correcto por parte de las normativas utilizadas, lo que se debe a que las mismas son producidas por trabajadores independientes en el poblado de Cano. Estas losas en cuanto a espesor se recomienda que antes de su utilización se analicen, debido a que un mayor grosor implica un aumento del peso de la losa y por consiguiente del sistema de impermeabilización. Los restantes parámetros evaluados ancho y longitud cumplen con las dimensiones establecidas.

Tabla 14: Determinación de las dimensiones en las losas de Sancti Spíritus.

Losas S.S	Determinación de las dimensiones (mm).		
	Long. Promedio	Ancho. Promedio	Grosor. Promedio
No			
1S	286,5	139,66	12,5
2S	286	139	12,5
3S	287,75	140	11
4S	286	139,66	12,5
5S	284,5	140,33	11
6S	286,5	140,66	13
7S	288	139,33	11
8S	284,75	139,66	11,25
9S	285,5	140,66	12,5
10S	285	142	12,5

Tabla 15 Rectificación de las dimensiones.

Dimensiones (mm).				
Losas S.S	Anchura (A)	Longitud (L)	L.promedio	Grosor (G)
No	135 ± 5	(2A +10)	±5	10 ± 1
1S	139,66	289,32	286,5	12,5
2S	139	288	286	12,5
3S	140	290	287,75	11
4S	139,66	289,32	286	12,5
5S	140,33	290,6	284,5	11
6S	140,66	291,32	286,5	13
7S	139,33	289,32	288	11
8S	139,66	289,32	284,75	11,25
9S	140,66	291,32	285,5	12,5
10S	140	290	285	12,5

Las losas ensayadas provenientes de la Empresa Materiales de la Construcción Sancti Spíritus, muestran una anchura correspondiente con los límites que se establecen para su fabricación, las longitudes solo sobrepasan estas tolerancias en el caso de las muestras 5S y 9S, nunca con un valor mayor al milímetro. En el apartado del grosor, las losas muestran en los casos 1S, 2S, 4S, 6S, 9S y 10S valores por encima de los 12 mm de grosor, no obstante en este caso el valor tampoco excede en más de 1mm lo establecido, lo que no es considerado por los autores como un defecto en las dimensiones de las losas de azotea, sino como un error permisible a la hora de acometer las mediciones.

Las losas de azotea muestreadas fueron un total de 30 unidades, verificándose que todas cumplieron con el ancho señalado por la ET-E-05 Losa de Azotea. En el caso de las longitudes se comprobó que solo dos de las losas de Sancti Spíritus y cuatro de las losas antiguas excedieron el intervalo determinado como el adecuado para su uso, pero en ambos casos este exceso no sobrepaso el 1mm de longitud, que se puede considerar como un error permisible del investigador a la hora de ejecutar la determinación de las longitudes de la muestra. De igual manera sucede con el grosor, que presento una mayor diferencia en las muestras procedentes de Pinar del Río con respecto a las otras dos, ya que el valor de estas oscila sobre los 14 mm, 2 mm más de lo que se establece, los cuales se consideran una diferencia mínima que no interviene con el desempeño general de la losa, pero si produciría un aumento del peso de la losa y por lo tanto del sistema de impermeabilización que sería apropiado tener en cuenta.

El ensayo de determinación de las dimensiones se realizó el 4 de mayo del 2015 en el Laboratorio de Materiales de la Construcción de la ENIA y se consideró como satisfactorio a partir de los resultados que fueron obtenidos.

Paso 2.2.2.2: Ensayos de absorción.

El ensayo de absorción se realiza con el objetivo de determinar el por ciento de retención de agua de las losas de azotea, debido a que esta es una de sus propiedades fundamentales, ya que gracias a su higroscopía las losas son capaces de retener el agua durante períodos de lluvia y evaporarla después, disminuyendo así las temperaturas bajo las cubiertas y produciendo una sensación de confort en sus usuarios. Las 9 muestras que en total componen el ensayo de absorción fueron sometidas a 24h de secado en la estufa a una temperatura de 110 °C, cumplido este tiempo se retiraron de la estufa y se dejaron enfriar al aire libre para luego ser pesadas, obteniendo de esta forma el peso seco de la muestra, el segundo paso del ensayo consiste en sumergir las losas en agua por 24h, secarlas con un paño húmedo y pesarlas para obtener el peso saturado de las mismas W2.

El cálculo de la absorción se encuentra resumido en la tabla 16.

Tabla 16 Determinación de la absorción.

Determinación de la absorción.				
Losas antiguas.	W₁	W₂	%	Promedio
1	868g	995g	14,63	
2	844g	959g	13,62	13,72%
3	937g	1058g	12,91	
Losas S.S				
1S	967g	1093g	13,03	
2S	950g	1073g	12,95	13,03%
3S	961g	1087g	13,11	
Losas P.R				
1P	1185g	1339g	13	
2P	1109g	1226g	10,55	12,23%
3P	1149g	1300g	13,14	

Leyenda:

- W1: peso seco.
- W2: peso saturado.
- %: por ciento de absorción específica de cada probeta.
- Promedio: media aritmética de absorción de las 3 losas que componen cada muestra.

Para la ejecución del ensayo fueron necesarios los siguientes instrumentos:

- Balanza con límite superior de medición de 5 kg y valor de división de 1 g.
- Tanque de inmersión con las medidas necesarias para permitir la introducción completa de las probetas.
- Estufa con regulación automática capaz de mantener la temperatura entre 105 °C y 110°C.

Los resultados arrojados durante la ejecución del estudio evidencian que las tres muestras que componen la investigación tuvieron una media aritmética de absorción entre el 12 y el 14% de su volumen (ver gráfico 4), que según Sequeira [1980] es el valor de absorción dentro del cual deben encontrarse los productos cerámicos. La muestra proveniente de la edificación en desuso mostró el mayor promedio de absorción entre las tres debido a su largo período de exposición a la intemperie, indicando con este resultado que posee mayor número de poros. Entre las losas que se producen actualmente, las provenientes de Sancti Spíritus tienen un mayor promedio de absorción que las producidas en la provincia de Pinar del Río, lo que se puede interpretar como que las últimas son más compactas y esto produce que disminuya su absorción, pero encontrándose igualmente dentro del rango permisible.

El ensayo de absorción se realizó entre el 28 y 30 de abril de 2015.



Gráfico 4: Absorción en las losas de azotea.

Paso 2.2.2.3: Ensayo de permeabilidad.

Los ensayos de permeabilidad de las losas de azotea se realizaron con el objetivo de determinar la impermeabilidad al agua de las muestras a ensayar, debido a la importancia que tiene este parámetro en cualquier componente principal de un sistema de impermeabilización, para esto fue necesario contar con plastilina, soportes fijos para la colocación de las losas y una espátula para facilitar la adherencia de la plastilina a las losas. Las muestras tomadas para los ensayos se seleccionaron de manera aleatoria con el fin de obtener resultados reales sobre el ensayo. Para la ejecución del ensayo se prepararon las muestras construyendo un muro de plastilina de 20 mm de altura cercano al borde de la losa por su cara plana, después fueron colocadas sobre dos soportes ubicados de forma paralela a unos 180 mm aproximadamente y se rellenaron con agua. El ensayo comenzó el 6 de mayo de 2015 y en el transcurso del mismo, se realizaron cuatro observaciones sobre las muestras para determinar si las mismas dejaban pasar el agua, la información sobre estas observaciones se encuentra recogida en la tabla 17.

Tabla 17 Observaciones de las muestras.

Determinación de la permeabilidad.				
	Observaciones			
Losas antiguas.	1ra (6h)	2da (24h)	3ra (30h)	4ta (48h)
1	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
2	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
9	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
Losas S.S				
4S	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
5S	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
6S	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
Losas P.R				
6P	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
7P	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable
8P	No permeable	No permeable	No permeable	No permeable

El ensayo de permeabilidad finalizó el 8 de mayo de 2015 y proporcionó como resultado la impermeabilidad de las losas de azotea después de 48 horas de iniciado el mismo. Con este resultado se puede llegar a la conclusión de que tanto las muestras procedentes de Sancti Spíritus como las de Pinar del Río son aptas para su uso de acuerdo al factor de permeabilidad, también es significativo destacar que las losas construidas sobre finales de los 70 y con más de 35 años de uso mantienen su propiedad impermeable, lo que habla claramente de la permanencia en el tiempo del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura.

Paso 2.2.2.4: Ensayos de alabeo.

El ensayo de alabeo se establece con el objetivo de definir si existe una curvatura en la superficie plana de las losas de azotea de cerámica roja, con respecto al carácter plano que debe tener la misma, esta puede ser cóncava o convexa y puede medirse en el sentido longitudinal o diagonal. En las losas de azotea que conforman la muestra, el alabeo se determina colocando de plano la pieza sobre una superficie horizontal, en este caso se utiliza en el laboratorio una pieza de vidrio plana que no presenta curvatura, y se realiza la medición por ambas caras con el pie de rey. El ensayo fue realizado a todas las losas que componen la muestra con el objetivo de definir si el alabeo que presentan es permisible para su uso en la construcción y no se considera un defecto de acabado. Las siguientes tablas muestran los valores de alabeo de cada una de las piezas analizadas por ambas caras.

Tabla 18: Determinación del alabeo en las losas antiguas.

Losas Antiguas	Alabeo	
	Cara 1	Cara 2
1	1 mm	1 mm
2	2 mm	2 mm
3	1 mm	1 mm
4	1 mm	1 mm
5	1 mm	1 mm
6	2 mm	2 mm
7	2 mm	2 mm
8	2 mm	2 mm
9	1 mm	1 mm
10	2 mm	1 mm

Tabla 19: Determinación del alabeo en las losas de Pinar del Río.

Losas Pinar del Río	Alabeo	
	Cara 1	Cara 2
1P	2 mm	2 mm
2P	2 mm	2 mm
3P	1 mm	1 mm
4P	3 mm	3 mm
5P	3 mm	2 mm
6P	3 mm	2 mm
7P	2 mm	2 mm
8P	3 mm	3 mm
9P	3 mm	3 mm
10P	3 mm	2 mm

Tabla 20: Determinación del alabeo en las losas de Sancti Spíritus.

Losas Sancti Spíritus	Alabeo	
	Cara 1	Cara 2
1S	2 mm	2 mm
2S	1 mm	1 mm
3S	1 mm	2 mm
4S	2 mm	2 mm
5S	2 mm	2 mm
6S	2 mm	2 mm
7S	2 mm	1 mm
8S	1 mm	2 mm
9S	1 mm	2 mm
10S	1 mm	1 mm

La totalidad de las losas que fueron ensayadas cumplen con el alabeo máximo permisible para su utilización en la construcción del enrajonado y soldadura, según el análisis realizado se puede concluir que las losas producidas en Cano, Pinar del Río son las que presentan mayor alabeo siendo este en la mayoría de los casos de 3 mm, se considera que esto se debe a que estas losas se producen de manera independiente y estos productores carecen en muchos casos de todas las herramientas necesarias para su fabricación. Las muestras procedentes de Sancti Spíritus y de la edificación en desuso en el municipio de Colón presentan alabeos de 1 y 2 mm en todos los casos, el cual es casi imperceptible. Este ensayo se llevó a cabo el 5 de mayo de 2015 en el laboratorio de la ENIA y su resultado se consideró satisfactorio para la investigación, se usó como referencia bibliográfica Sequeira [1980] y el conocimiento y apoyo de los trabajadores del laboratorio.

Paso 2.2.2.5: Ensayo de resistencia a la flexión.

El ensayo de resistencia a flexión se realizó el 8 de junio del 2015 en la Empresa productora y exportadora de cilindros para gas (CONFORMAT) de Matanzas, en una máquina de ensayos para determinar la resistencia a la tracción pero que permite realizar la resistencia a la flexión, esta máquina fue fabricada en la desaparecida URSS y la unidad de medida con que trabaja son los kilogramos fuerza (kgf). Las losas de azotea fueron sometidas a un esfuerzo central estando estas apoyadas en sus dos extremos según se indica en la figura 1 de la NC EN 538-2008 Tejas cerámicas de arcilla. La carga se aplica mediante una barra redonda metálica de aproximadamente 20 mm de diámetro por la cara plana de la losa, con los nervios hacia abajo. En el estudio fueron muestreadas un total de 15 losas y dieron como resultados los siguientes valores:

Tabla 21: Determinación de la resistencia a la flexión de las losas.

Losas Antiguas	Resistencia (kgf)	Losas Sancti Spíritus	Resistencia (kgf)	Losas Pinar del Río	Resistencia (kgf)
2	24	1	16	1	20
3	22	3	15	2	26
6	15	4	15	3	21
9	15	5	17	7	25
10	16	6	16	8	20
Promedio	18.4		15.8		22.4

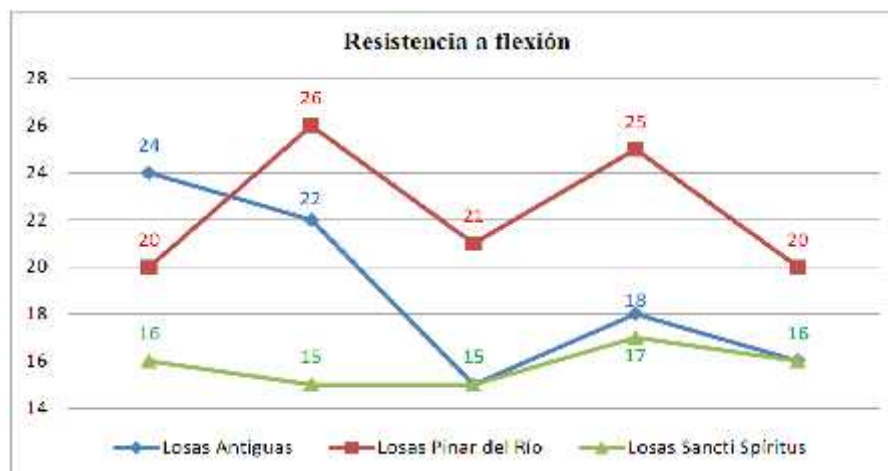


Gráfico 5: Comparación de la resistencia a la flexión de las losas.

Según los datos arrojados por el estudio de resistencia realizado se puede concluir que solo dos de las losas ensayadas cumplen con el valor de 25 kgf que se indica como el correcto en la NC 54-159 Losas de azotea. Especificaciones de calidad ya derogada, el resto de estas presentan valores muy por debajo del indicado siendo este el principal problema que muestran las losas de azotea de fabricación actual. Es destacable decir que las losas provenientes de la escuela Roberto Coco Peredo en el municipio de Colón presentan valores mayores que las procedentes de la UEB de Cerámica de la Empresa Materiales de la Construcción Sancti Spíritus tejar Enrique Villegas a pesar de contar con más de 30 años de uso en dicha edificación. Las losas procedentes de la provincia de Pinar del Río son las que exhiben los mayores valores de resistencia debido a que su grosor se encuentra en todos los casos por encima de los 12 mm que se establecen como máximo, situándose este entre los 14 y 14,5 mm, por lo que un mayor grosor aporta una mayor resistencia a las losas de azotea.

Etapa 3: Análisis de la mano de obra.

Las encuestas aplicadas en la Brigada Constructora No1 Civil y Montaje de la Empresa Constructora de Montaje Matanzas, en el EMCONS UEB Colón y en ARCOS AEI-BBI “Playa las Conchas”, proporcionaron los datos necesarios para el análisis de la mano de obra, para ello se encuestaron un total de 17 operarios de impermeables y en cada empresa el 100% de la brigada.

Tabla 22: Relación de operarios encuestados.

Empresa	Cantidad de trabajadores
EMCONS UEB Colón	6
Brigada Constructora No 1	1
AEI	10
Total	17

Paso 3.1: Determinar los sistemas más ejecutados por los obreros.

Los resultados obtenidos sobre los sistemas de impermeabilización más ejecutados en la provincia, la frecuencia de colocación de los mismos y la experiencia de los obreros realizando estos trabajos a partir de la aplicación de las encuestas fueron los siguientes:

- La Brigada Constructora No1 consta con solo un operario de impermeables con más de 5 años de experiencia laboral. La UEB Colón está formada por 6 trabajadores, 3 de estos con 2 años de experiencia y cada uno de los trabajadores restantes individualmente cuenta con más de 5 años y 1 con menos de un año de experiencia respectivamente. Mientras que el 60% de los 10 trabajadores que componen la brigada encuestada en la AEI poseen más de 5 años en el sector de la construcción, un 20% tiene 3 años y el 20% restante 2 años de práctica (Ver gráfico. 6). Los trabajadores con mayor experiencia en la colocación de sistemas de impermeabilización son los que componen la brigada perteneciente a la AEI ya que el 100% de estos cuenta con más de 2 años de labor.

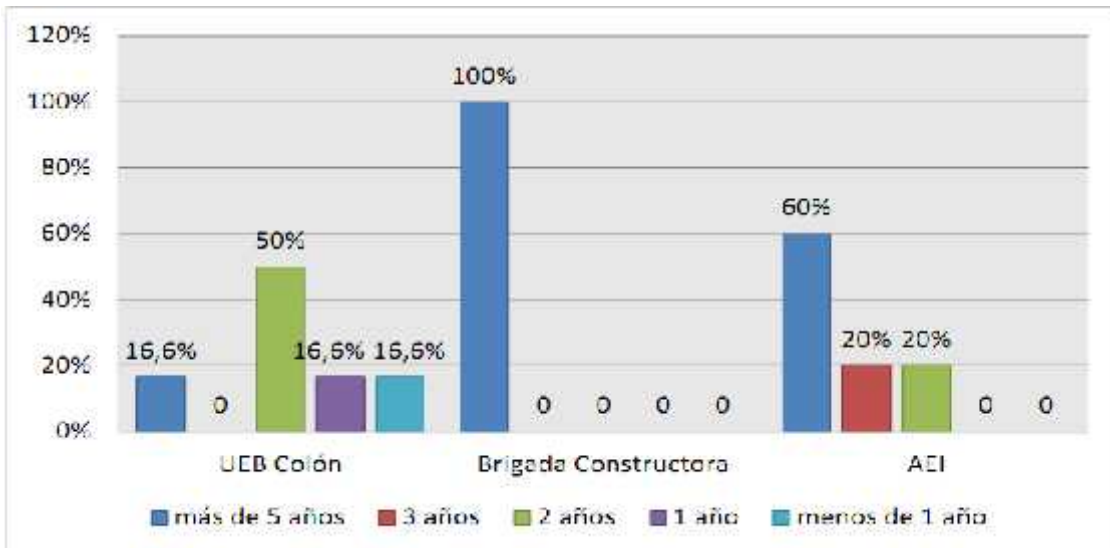


Gráfico 6: Experiencia laboral de los encuestados por empresas.

- En su totalidad el 47% de todos los encuestados posee más de 5 años de trabajos con impermeabilizantes y otro 41% se encuentra entre 2 y 3 años y solo un 11% posee 1 año o menos en esta labor (Ver gráfico. 7), por lo que se puede inferir que los trabajadores del sector constructivo analizados cuentan con la experiencia necesaria para ejecutar las impermeabilizaciones.

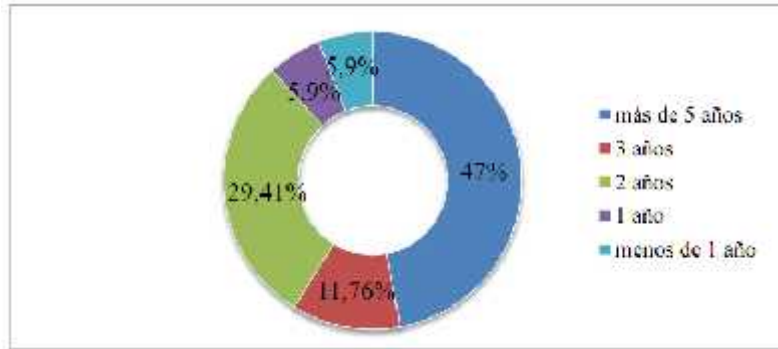


Gráfico 7: Experiencia laboral del total de encuestados.

- Los sistemas de impermeabilización más aplicados por los trabajadores según los resultados arrojados por las encuestas son: los impermeabilizantes asfálticos, cementosos y metálicos (Ver gráfico 3.5). Las soluciones de impermeabilización con bases asfálticas han sido empleadas por el 100% de los obreros en más de 5 ocasiones el 94,12% de las veces, siendo esta la más utilizada, mientras que los cementosos han sido usados por el 94,12% de ellos y los metálicos un 64,71%.

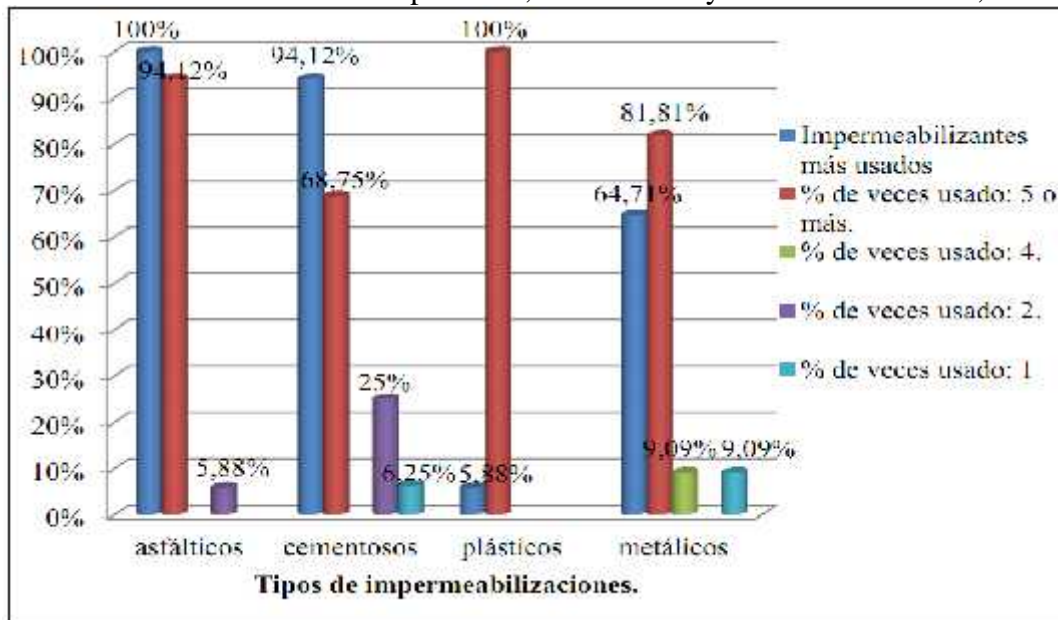


Gráfico 8: Impermeabilizaciones más empleadas y No de veces que han sido colocadas por los trabajadores.

Paso 3.2: Determinación del conocimiento de los trabajadores del sector sobre el sistema enrajonado y soldadura.

El sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura no se encuentra en la actualidad dentro de las soluciones ejecutadas por los obreros que conforman las distintas brigadas, ninguno de los trabajadores encuestados ha realizado esta tarea en sus años como operarios de impermeabilizantes, el 100% de ellos afirma no haber recibido durante su formación laboral orientación sobre la colocación de este sistema, ni sobre sus elementos más importantes.

Etapa 4: Determinación de las causas.

Paso 4.1: Materiales.

En la determinación de las causas que provocaron el desuso del sistema de impermeabilización objeto de estudio en cuanto a materiales que componen dicha solución, se expondrán los resultados obtenidos en las etapas anteriores que se establecieron como las causas directas de la inutilización del enrajonado y soldadura en la provincia:

1. De los materiales que componen el enrajonado, el hidrato de cal supone mayor problema en su obtención debido a que la mayor parte de su producción en el país se destina a la industria azucarera, se propone el uso del ceno de acetileno material que se comporta de igual manera que el hidrato de cal comercial estudiado por Zayas [2014] y que supondría un ahorro económico significativo en la provincia. La ausencia de una producción de hidróxido de calcio en la provincia es uno de los factores que motivaron la inutilidad del sistema.
2. La baja calidad de las losas de azotea de cerámica que se fabricaban hace algunos años en la provincia debido a que la materia prima que se utilizaba en la confección de las mismas era marga caliza de muy mala calidad, que resultaba en la permeabilidad de las losas a los 30 minutos de iniciado el ensayo.
3. La no producción de las losas de azotea en la actualidad en la provincia, lo que provoca la transportación de las mismas desde distintas regiones del país, como Pinar del Río, Sancti Spíritus y Granma principalmente.
4. En la fabricación de las losas es necesario para su cocción un alto consumo de combustible por lo que entrado el país en el periodo especial la producción de las losas en la provincia se transformó en un proceso irrentable para el tejero ubicado en Sabanilla, Unión de Reyes.
5. Los valores promedios de resistencia de las losas de azotea de cerámica roja provenientes de Pinar del Río, Sancti Spíritus y las de 1978 se encuentran por debajo de los 25 kgf valor mínimo que se requiere en las mismas, lo que dificulta su manipulación, transportación y colocación, siendo esto una causa principal de su desuso debido a su fragilidad.

Estos aspectos expuestos por los autores se consideran las causas principales del desuso del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura en cuanto a los materiales que componen dicha solución.

Paso 4.2: Mano de obra.

El análisis de la mano de obra mostró los siguientes resultados:

- Los sistemas de impermeabilización más aplicados en la provincia son: los impermeabilizantes con bases asfálticas, los cementosos y los metálicos.
- Los operarios de impermeables encuestados cuentan con la experiencia necesaria para ejecutar los sistemas de impermeabilización a bases de productos asfálticos, cementos, plásticos y metálicos.
- La totalidad de las brigadas de impermeabilización encuestadas no tienen experiencia en la colocación del enrajonado y soldadura, por lo que si se quisiera recuperar el sistema sería

necesario llevar a cabo una capacitación de todos los trabajadores en cuanto a sus características generales, puntos singulares y elementos principales.

La construcción del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura es un proceso lento y artesanal que ha perdido su tradición dentro de los trabajadores del sector por lo que esta es una de las causas principales de la pérdida de dicha solución en las nuevas construcciones de la provincia.

Conclusiones.

El procedimiento diseñado para evaluar el sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura ofrece varias ventajas para las condiciones climáticas de nuestro país, pero a partir de un análisis de los materiales componentes del mismo y su ejecución en el municipio de Matanzas, nos permitió determinar las causas que provocaron su desuso en la provincia, no obstante, con la aplicación de las entrevistas y encuestas realizadas se pudo constatar que la mano de obra encargada de los trabajos de impermeabilización no cuenta con el conocimiento necesario para la ejecución del sistema objeto de estudio, junto al deficiente valor promedio de resistencia de las losas de azotea de cerámica roja son las causas directas de la inutilización del sistema de impermeabilización por enrajonado y soldadura en la provincia de Matanzas.

Bibliografía.

- Acevedo Cata, Jorge; Martínez Lobeck, Emilio; Díaz Rodríguez, Ernesto, Amat Balbosa, Enrique. (1985). *Materiales de la Construcción*. Habana: MES.
- Guerra, C. W.; Menéndez, E.; Barrera, R. & Egaña, E. (2003) *Estadística*. (Editorial Félix Varela ed.) Ciudad de la Habana.
- León Consuegra, Liset. (2011). *Evaluación del mortero restaurador de estructuras Cover Fs Structural V/O con un árido grueso*. Tesis de diploma. Matanzas (Cuba): Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”.
- León Consuegra, Liset. (2014). *Conferencias de Materiales de la Construcción*. Carrera de Ingeniería Civil, Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”(UMCC). Matanzas, Cuba.
- NC 54-159: 1988 Materiales de la construcción. losas de azotea. especificaciones de calidad.
- NC 140: 2002 *Ejecución de impermeabilización de cubiertas mediante sistema de enrajonado y soladura*. Código de buenas prácticas.
- NC 178: 2002 *Áridos. Análisis granulométrico*.
- NC 499: 2012 *Cemento hidráulico — almacenamiento y transporte*.
- NC 538: 2008 *Tejas Cerámicas de Arcilla Cocida para Colocación Discontinua- Ensayo de Resistencia a Flexión*.
- NC 657: 2008 *Áridos para morteros de albañilería — Especificaciones*
- Ramos Manrique, Dayam; Rodríguez García, Carlos; Cruz Álvarez, Juan José. (2015). *Utilización del sistema de impermeabilización de cubiertas de enrajonado y soladura en el municipio de Matanzas*. Revista de Arquitectura e Ingeniería, Vol.9 No.2, disponible en: http://www.empai-matanzas.co.cu/revista/Artic_PDF/ART1.pdf. Citado (8/junio/15).
- Rivada Vázquez, María L. (2007), *Conferencias de Terminaciones en las Edificaciones*, Carrera de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana (Cuba).
- Sequeira, Jose E, 1980. *Temas sobre Materiales de Construcción*. 2da. Ed. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.
- Zayas Cancela, Alejandro (2014) *Evaluación de morteros mixtos de revestimientos con cal residual de la producción de acetileno*. Trabajo de Diploma. Matanzas (Cuba): Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”.