

Procedimiento para la evaluación de sistemas de impermeabilización de cubiertas.

Procedure to evaluate roof-top waterproofing systems.

Ing. Dayam Ramos Manrique

Departamento de Construcciones, Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Cuba

Categoría Docente: Profesor Instructor

dayam.ramos@umcc.cu

Ing. Carlos Rodríguez García

Departamento de Construcciones, Facultad de Ingenierías de la UMCC. Cuba

Categoría Docente: Profesor Instructor

carlos.rodriquez@umcc.cu

MSc. Ing. Juan José Cruz Álvarez

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas. Cuba. Profesor a tiempo parcial del Departamento de Construcciones, Facultad de Ingenierías de la UMCC, Cuba.

Categoría Docente: Profesor Auxiliar

jjose-cruz@empai.co.cu

Resumen

La impermeabilización, es para todo tipo de edificio, un freno al envejecimiento y la corrosión del acero de la estructura, por lo que es un medio protector contra la lluvia, la penetración del agua y la tan molesta "filtración". Con la aparición de nuevos materiales de construcción, fueron desechados desafortunadamente otros sistemas empleados hasta el momento -que aún hoy presentan características favorables-, sin tener en cuenta determinados factores básicos para la toma de decisiones, a la hora de sustituir o emplear, un sistema u otro. Apoyándonos en métodos como la entrevista, análisis documental y la observación, se logra un procedimiento de evaluación de sistemas de impermeabilización, que permite evaluar y comparar mediante herramientas ingenieras, las ventajas y desventajas de estos, analizándolos en cuanto a durabilidad, economía, mantenimientos y confort, teniendo en cuenta los actuales cambios climáticos y cumpliendo con las exigencias de explotación en las cubiertas de las edificaciones existentes.

Palabras clave: Impermeabilización, evaluación, cubierta, procedimiento.

Abstract

Roof-top waterproofing is for every building a mean to slow down the aging and rusting of the structural steel. It is a protection against rain and water leakage. As new construction materials evolved some were unfortunately lagged behind - though they have favorable performance-, without taking into consideration basic elements in the decision making process for substituting or utilizing one or another. Through documental analysis, interview and watching methods it is achieved a procedure to evaluate roof-top waterproofing systems. This allows evaluating and comparing through engineering tools, advantages and disadvantages with respect to: durability, economy, maintenance and comfort, having into consideration climate changes, and meeting the demands for the use of roof-tops in every single building.

Keywords: waterproofing, evaluation, roof-top, procedure.

Introducción

La cubierta es uno de los elementos fundamentales de las estructuras, posee además de las funciones estructurales otras del tipo funcional, la misma se ubica en la parte superior de la edificación y constituye nuestra primera barrera de protección.

Desde los albores de la humanidad, la cubierta ha sido el primer elemento componente que el hombre utiliza o se ve obligado a utilizar. En sus inicios fue sólo cobija o cobertura, no existía la posibilidad de separar la cubierta de la impermeabilización. Utilizaban las ramas de los árboles de diferentes formas para protegerse del sol, la lluvia, el frío, etc., estas eran en extremo rudimentarias. (Alba y Cruz, 2012)

Con el paso de los años para construir los sistemas de impermeabilización el hombre buscó materiales más ligeros, durables y métodos constructivos menos trabajosos, pero tanto unos como otros más técnicos y complejos (Alba y Cruz, 2012). En esto jugó un papel fundamental la revolución industrial y el descubrimiento del petróleo, puesto que comenzaron a aparecer nuevos materiales elaborados a base de este que fueron revolucionando el mercado.

En Cuba se evidenció también la evolución de los sistemas de impermeabilización y las cubiertas en general, desde los bohíos, con las cubiertas de guano, que dieron paso a losa de barro catalana, y paralelamente a ella fue introduciéndose la teja criolla. La introducción de cubiertas planas reclamó otras soluciones, y la

rasilla de barro sustituyó en gran medida a las antes señaladas; posteriormente aparecieron los medios o sistemas de impermeabilización a base de productos asfálticos (Alba y Cruz, 2012).

El objetivo de este trabajo es realizar un procedimiento para evaluar sistemas de impermeabilización de cubiertas, valorándose en cada uno de ellos:

- ◆ La eficiencia y aplicación de cada sistema de impermeabilización.
- ◆ Las ventajas en cuanto a vida útil, confort, economía y mantenimientos, teniendo en cuenta los actuales cambios climáticos y que se cumpla con las exigencias de explotación en las cubiertas de las edificaciones.

Materiales y métodos

Los métodos en los cuales se apoyó la investigación son del tipo teórico y empíricos.

Análisis y síntesis: permitió realizar la búsqueda de información necesaria para conformar el marco teórico referencial de la investigación, definiendo los conceptos de los términos fundamentales.

Inductivo-Deductivo: permite, a partir del análisis del conjunto de datos y de principios más generales elaborar conclusiones y brindar los resultados de la investigación.

Observación: fue aplicado para poder observar y estudiar los diferentes sistemas de impermeabilización de cubiertas que existen en el país y en el mundo.

Resultados y discusión

1. Impermeabilización de cubiertas. Aspectos generales.

En todo tipo de edificio la impermeabilización es un medio protector contra la humedad, la penetración de agua y por consiguiente, un freno al envejecimiento y la corrosión de la estructura, a la destrucción de sus elementos portantes (Alba y Cruz, 2012).

La NC 55: 2006, define a la cubierta como el “elemento o conjunto de elementos diseñados para ejercer la función de cerramiento superior de la edificación”.

Las cubiertas para poder cumplir sus funciones de cierre superior de las edificaciones y su aislamiento y protección de los agentes externos deben cumplir, según (Portero et al. 2010), una serie de parámetros como:

1. La estanqueidad.
2. La resistencia mecánica
3. El aislamiento (térmico, acústico e hidrotérmico).
4. Incombustibilidad.
5. Seguridad.

Esta estanqueidad viene dada por los sistemas de impermeabilización, los cuales son definidos por la NC 55: 2006 como el “conjunto de elementos o capas de la cubierta caracterizadas cada una de ellas por su naturaleza, su número, su orden, su forma de colocación y sus dimensiones”.

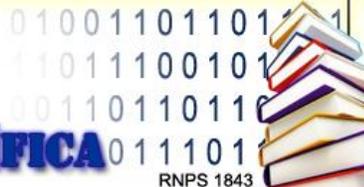
(Portero et al. 2010) los define como “los sistemas encargados de cumplir las funciones de protección y estanqueidad para proteger del agua, el viento, la radiación solar o la humedad”.

Los techos y cubiertas son los elementos constructivos más afectados hoy en día por la falta de estanqueidad, el uso inadecuado y el deterioro por la antigüedad de los elementos o la falta de mantenimiento (Portero, 2000), uniéndosele a esto la colocación de sobrecargas y otros errores de proyecto y construcción (Cruz, 2010); es por ello necesario realizar un procedimiento para evaluar los sistemas de impermeabilización de cubiertas a partir de los principales sistemas que se comercializan en Cuba pues una correcta impermeabilización de las cubiertas brinda un mayor confort y seguridad al usuario, alarga la vida útil de los mismos, repercutiendo en un considerable ahorro de recursos para la economía. Los sistemas utilizados en Cuba se pueden separar en los siguientes grupos:

- Base bituminosa modificada, de láminas prefabricadas o líquidas.
- Base sintética, de láminas prefabricadas o líquidas.
- Base de caucho sintético, láminas prefabricadas.
- Base cerámica, rasillas, tejas criollas o tejas francesas.
- Base cementosa, mortero elástico impermeable y mortero hidráulico.

2. Procedimiento para evaluar sistemas de impermeabilización.

Aplicar este procedimiento de evaluación de sistemas de impermeabilización encierra valores desde el punto de vista práctico, ya que mediante la propuesta del sistema más ventajoso se puede realizar trabajos de impermeabilización de cubiertas acorde a las diferentes edificaciones de cada municipio o provincia del



país, desde el punto de vista social se garantiza una optimización de la economía, vida útil y confort, desde el punto de vista metodológico esta propuesta de procedimiento permite seguir una metodología de análisis, determinando las ventajas de un sistema de impermeabilización sobre otro y la utilización más racional en las cubiertas de las edificaciones. El valor económico está determinado por la optimización del capital humano, el tiempo y los recursos materiales que son utilizados, y la mayor vida útil.

Este procedimiento consta de tres etapas y en cada etapa se describen los pasos necesarios para el análisis de los sistemas de impermeabilización a evaluar (figura 1).



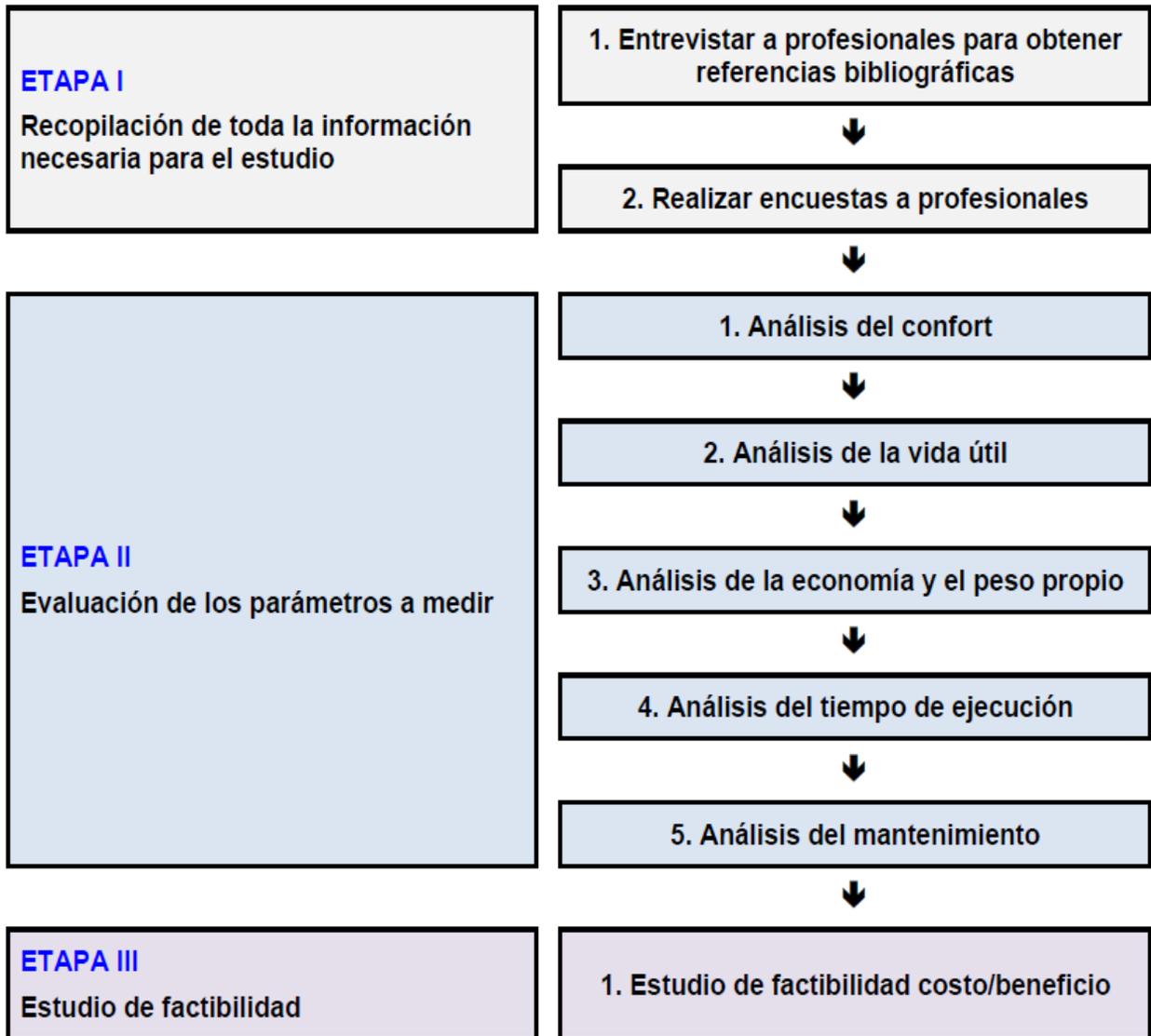


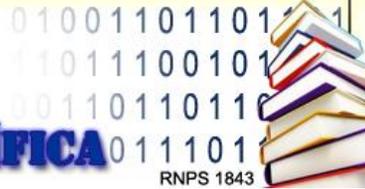
Figura 1: Procedimiento para evaluar los sistemas de impermeabilización.
 Fuente: Elaboración propia.

Etapa I: Recopilación de toda información necesaria para el estudio.

Paso 1: Entrevistar a profesionales para obtener referencias bibliográficas.

Se procederá a entrevistar a los profesionales que laboran en empresas de la construcción, de diseño, y en otros organismos constructores, para obtener de





ellos sus experiencias, fichas técnicas, materiales de cursos de maestrías impartidos en el municipio y las referencias bibliográficas necesarias.

Paso 2: Realización de encuestas a profesionales.

Se confeccionarán encuestas relativas a los sistemas de impermeabilización objetos de estudio, con el objetivo de determinar cuál es el criterio de los profesionales de la localidad acerca de los mismos. Se investigará además la cantidad total de profesionales (ingenieros civiles y arquitectos) del municipio y se tomará una muestra representativa de la cantidad total, utilizando la ecuación (1) de tamaño de muestra para poblaciones binomiales según (Guerra et al. 2003), para tamaño de la población conocido y muestreo sin reposición.

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

Donde:

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.

Una vez, determinado el tamaño de las muestras a utilizar se aplica para cada empresa seleccionada un muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional y siguiendo a Poisson, se aplica la fórmula (2):

$$n_i = \frac{N_i}{N} n \quad (2)$$

Donde:

n_i → Número de elementos de la muestra procedentes del estrato i .

N_i → Número total de elementos del estrato i .

N → Número total de elementos de la población.

n → Tamaño de la muestra total.

La encuesta a realizar deberá estar estructurada por tres secciones:

- Sección 1 Antecedentes: en esta sección se tomarán algunos datos personales del encuestado como por ejemplo donde trabaja, años de experiencia, profesión u oficio, etc., recuerde que las encuestas son anónimas no se pregunta el nombre de la persona a encuestar.



- Sección 2 Comparación entre los dos sistemas de impermeabilización: se realizarán todas las preguntas necesarias para conocer cuál de los sistemas de impermeabilización analizados es el más idóneo aplicar en la localidad objeto de estudio, las preguntas pueden ser abiertas o cerradas.
- Sección 2 Conclusiones: en esta sección se recomienda terminar con un resumen de todos los aspectos analizados en la sección anterior a través de preguntas cerradas; y realizar al final de la encuesta una pregunta abierta, donde el encuestado exponga su criterio sobre qué sistema de impermeabilización deberían utilizarse en la localidad.

Etapas II: Evaluación de los parámetros a medir.

Paso 1: Análisis del confort

Para la realización del análisis del confort se tiene en cuenta, en primer lugar las variaciones del cambio climático en nuestro país y en especial en la provincia o la localidad a la cual se le aplicarán los sistemas de impermeabilización analizados, por lo que se obtendrán del centro de meteorología las temperaturas correspondientes de los últimos 10 años, hasta la actualidad, con el objetivo de adquirir la variación de la misma (ascenso, descenso o si han permanecido igual); en segundo lugar se realizará una prueba a través de termómetros especializados, con el objetivo de comparar si existe diferencia de temperatura entre habitaciones que presenten los dos sistemas de impermeabilización objeto de estudio, por lo que se procede a seleccionar dos centros de trabajo que poseen cada uno de los sistemas de impermeabilización que se estudia y se efectuará la lectura de los termómetros en el transcurso de una semana, efectuándose tres mediciones en el día: en los horarios de la mañana, la tarde y en horario nocturno, de forma simultánea en ambos centros; y en tercer lugar se precisan los problemas relativos a los fenómenos atmosféricos que azotan nuestro país como son: huracanes, ciclones, tormentas tropicales, entre otros, que conllevan a filtraciones haciendo que colapsen los sistemas de impermeabilización u otras causas que afecten el confort.

Paso 2: Análisis de la vida útil.

Se seleccionará un número representativo de viviendas en cada uno de los barrios de la localidad objeto de estudio. Se le aplicarán fichas técnicas a las viviendas seleccionadas en cada barrio de la ciudad junto a entrevistas que se realizarán a los propietarios de las mismas, donde se constatará:

- ✓ lesiones que presentan.
- ✓ estado de conservación.

- ✓ principales causas que originaron la aparición de deterioros en los sistemas de impermeabilización.
- ✓ los años de colocación.
- ✓ los problemas de filtración que ha tenido durante su vida útil.
- ✓ formas de explotación.

Paso 3: Análisis de la economía y el peso propio.

Para la determinación del costo y el peso propio de los sistemas de impermeabilización analizados, se procederá de la siguiente manera:

1. Se tomará la cubierta ejemplo de la edificación a la cual se le está realizando el estudio ó se puede realizar el diseño de una cubierta típica para impermeabilizar con ambos sistemas.
2. Cálculo de las longitudes y áreas de la cubierta diseñada en el punto anterior, en dependencia del tipo de esta para cada una de las actividades.
3. Una vez determinado las longitudes y áreas de cada una de las actividades anteriores se utiliza el **PRECONS II Sistema de Precios de la Construcción**, aprobado por la Resolución No 199-2005 del Ministerio de Finanzas y Precios, en el cual se evalúan los costos por renglones variantes de los distintos materiales empleados en cada sistema, así como el peso propio de los mismos.

Paso 4: Análisis del tiempo de ejecución

Una vez determinado los reglones variantes para la impermeabilización de la cubierta diseñada en el paso 3 para los dos sistemas analizados, se procede a realizar a través del PRECONS y el SIECONS, la programación de cada actividad, exportándola hacia el Microsoft PROJECT y de esta manera se determinará el tiempo de ejecución por reglones variantes para cada sistema de impermeabilización por separado.

Paso 5: Análisis del mantenimiento

Este paso se realizará de la siguiente manera:

- ⇒ Obtener información acerca de los trabajos de mantenimientos, que se han ejecutado en las viviendas que presentan los sistemas que se requiera analizar, a través de entrevistas a sus propietarios.
- ⇒ Se determinará la programación de esta actividad (mantenimiento) y su presupuesto.

- ⇒ Se tomará en cuenta lo planteado en las Normas Cubanas y Regulaciones de la Construcción, donde se establece la frecuencia con que se deben realizar los mantenimientos a estos sistemas de impermeabilización analizados.
- ⇒ Se tomará en consideración la investigación de Miranda (2003) con relación a:
 - ✓ Clasificación del mantenimiento en dependencia de la intervención que se realiza y según el tipo de obra.
 - ✓ Objetivos del mantenimiento.
 - ✓ Recomendaciones para el mantenimiento de las cubiertas rehabilitadas.
 - ✓ Mensajes educativos para todos los usuarios de las edificaciones.
 - ✓ Recomendaciones para el diagnóstico y realización de acciones que permitan el mantenimiento de las cubiertas.
 - ✓ Frecuencia para las inspecciones ordinarias.
 - ✓ Frecuencia de las acciones que contempla el mantenimiento de las cubiertas.

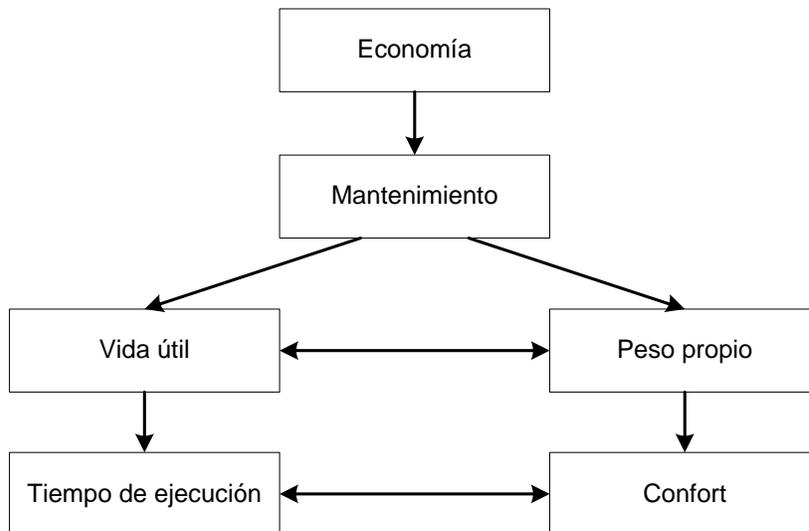
Teniendo en consideración todo lo abordado con relación al mantenimiento, se propone realizar un Torbellino de ideas o “*Brainstorming*”, que consistirá en reunir un grupo reducido de especialistas (de 5 a 15), donde todos deben conocer del tema de interés sobre el cual se va a trabajar, con cierta anticipación con el fin de informarse y pensar sobre él.

Etapas III: Estudio de factibilidad

Paso 1: Estudio de factibilidad costo/beneficio

Una vez obtenidos todos los parámetros a analizar en la Etapa II, se realizará un estudio de factibilidad de costo/beneficio donde se determinará cuál de los sistemas objeto de estudio es el más idóneo a emplear en el municipio o región.

Lo primero que se efectuará es la confección de un orden lógico de prioridad para estos parámetros; para la selección del impermeabilizante más idóneo; a continuación se muestra el propuesto por los autores del presente artículo. (Ver fig. 2).



*Figura 2. Orden de prioridad de los parámetros.
 Fuente: Elaboración propia.*

Lo segundo que se realizará es un estudio relacionado con el costo inicial de servicio en la colocación del impermeable con los costos de mantenimiento a través del análisis del Valor actual neto (VAN) modificado o costo total, donde de esta forma se determinará el mejor sistema, partiendo de los supuestos siguientes: los materiales a emplear se encuentran ya depositado en un almacén del territorio, no existen limitaciones en cantidades del material, la mano de obra es calificada y se ejecutan los trabajos con la calidad requerida.

El VAN es uno de los tres métodos más comunes utilizado para las decisiones de inversión, la elaboración del presupuesto de capital en condiciones de incertidumbre, las técnicas modernas para el análisis de proyectos, así como los problemas que en la práctica presenta el presupuesto de capital y el análisis de los resultados de las inversiones para medir el desempeño. De igual forma, permite adoptar las mejores decisiones acerca de las fuentes de financiamiento permanentes en la empresa, buscando aquellas alternativas que propenden al incremento de la eficiencia del financiamiento. En tal sentido, uno de los factores determinantes para ello lo constituyen las decisiones.

Este método está diseñado para responder a dos preguntas:

1. Entre varias inversiones mutuamente excluyentes, ¿cuál debe ser seleccionada?
2. ¿Cuántos proyectos en total deben ser aceptados?

El VAN donde se debe determinar el valor presente de los flujos netos de efectivos esperados de una inversión, descontados al costo marginal del capital y sustraerlos del costo inicial del proyecto. Si el valor presente neto es positivo, el proyecto deberá ser aceptado. Si es negativo debe ser rechazado. Si los dos proyectos son mutuamente excluyentes, deberá elegirse el que tenga el valor presente neto más alto.

La ecuación del VAN es:

$$VA = \frac{CF}{(1+k)^n} \quad (3)$$

$$VAN = I + \sum \frac{CF}{(1+k)^n} \quad (4)$$

Donde:

- I → Inversión o costo inicial del proyecto (\$).
- CF_(1→x) → Flujos neto de efectivo o ingresos anuales (\$).
- k → Costo de capital del proyecto, tasa de descuento apropiada o de actualización del proyecto (%).
- n_(1→x) → Vida esperada del proyecto (años).

Conclusiones

El procedimiento propuesto permite, evaluar sistemas de impermeabilización, a partir de un análisis comparativo de los parámetros confort, vida útil, economía, peso propio, tiempo de ejecución y mantenimiento, permitiendo controlar los defectos, analizar las causas, determinar la factibilidad de un sistema sobre el otro, lo que conlleva a la selección del sistema más idóneo.



Referencias bibliográficas

- Alba Cruz R. C. & Cruz Alvarez J. J. (2012) Los sistemas de impermeabilización y su análisis sobre la gestión de la calidad para el control en el proceso de diseño. CD de Monografías de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10_5_02/aci05502.htm
- Cruz Alvarez, J. J. (2010) Sistemas de Impermeabilización para Edificios. Revista de Arquitectura e Ingeniería, Vol. 4 (3). Disponible en: <http://www.empai-matanzas.co.cu/revista/Vol.4%20No.3%20DICIEMBRE%202010.pdf>
- Guerra, C. W.; Menéndez, E.; Barrera, R. & Egaña, E. (2003) Estadística. (Editorial Félix Varela ed.) Ciudad de la Habana.
- Miranda Arango, Yaneisy (2003). Pliegos para el mantenimiento de edificaciones rehabilitadas. Trabajo de Diploma, Departamento de Ingeniería Civil, Instituto ISPJAE, La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Normalización. (2006) Edificaciones — Sistemas para la impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos y bituminosos modificados — Especificaciones. NC 55: 2006. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Portero Ada E., Machado R., & Mazón D. (2010) Las cubiertas, ¿cubren? Parte I. Arquitectura y Urbanismo, Vol. XXXI, (2). Disponible en <http://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/37/37>
- Portero, Ada E. (2000) Recomendaciones para la conservación de los sistemas constructivos de entresijos y cubiertas que se desarrollaron desde el siglo XVII hasta el siglo XIX en las edificaciones de viviendas del Centro Histórico de La Habana. Tesis para la obtención del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Facultad de Arquitectura, ISPJAE, Cuba.

Fecha de recepción: 04/08/2013

Fecha de aprobación: 25/03/2014

