

## **EFFECTO DEL ENVEJECIMIENTO DE REVESTIMIENTOS VERTICALES SOBRE SU DESEMPEÑO TÉRMICO. MODIFICACION DEL INDICE DE REFLECTANCIA SOLAR.**

**Noelia L. Alchapar** -nalchapar@mendoza-conicet.gob.ar

**Erica N. Correa** -ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar

**M. Alicia Cantón** -macanton@mendoza-conicet.gob.ar

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda –INCIHUSA-CCT Mendoza-CONICET  
Av. Ruiz Leal S/N. Parque Gral. San Martín. C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza .Tel. 0261-5244322 –  
Fax 0261-4287370.

**Resumen.** *Este trabajo se encuentra enmarcado dentro de un proyecto de investigación cuyo objetivo principal es estudiar la influencia de los componentes urbanos en el fenómeno de isla de calor. El uso de materiales fríos es una estrategia de enfriamiento pasivo disponible en las ciudades y adecuada para prevenir la ganancia y acumulación excesiva de calor en las mismas. Esto posibilita al mismo tiempo mejorar la habitabilidad del espacio urbano en términos de confort y disminuir los consumos de refrigeración en edificios, permitiendo un uso racional de la energía y contribuyendo a la sustentabilidad ambiental. Por lo tanto es importante evaluar el desempeño térmico de los distintos revestimientos disponibles regionalmente, a fin de clasificarlos en función de su habilidad para disminuir las temperaturas urbanas. Por esta razón, durante un período de dos años se estudió el comportamiento termo-físico de 80 revestimientos texturados para fachadas en dos composiciones acrílica y cementicia, con colores, tonalidades y texturas de amplia difusión en el parque edilicio local. Los mismos fueron expuestos y evaluados a la intemperie. La variación de su comportamiento térmico con el envejecimiento se evaluó mediante la modificación de indicador de Reflectancia Solar (SRI) con el tiempo. Los resultados muestran que el 35% de los revestimientos acrílicos disminuyeron su habilidad para mitigar los efectos de la isla de calor, mientras que el 98% de los cementicios mantuvieron o aumentaron su capacidad de mitigación.*

**Palabras claves:** *Envejecimiento, Índice de Reflectancia Solar, Materiales fríos.*

### **1. INTRODUCCIÓN**

La urbanización es una tendencia mundial que se traduce en la concentración de la población en las ciudades. La escasa vegetación, la condición artificial del medio y las superficies selladas con bajos albedos derivan en la formación de islas de calor urbanas. Este fenómeno puede producir disconfort, incrementar los consumos energéticos, disminuir la calidad ambiental y agravar enfermedades relacionadas con el estrés térmico y la contaminación. Las temperaturas altas del aire aceleran la formación de smog y aumentan la demanda de aire acondicionado.

A mediados de la década del 80", diversas investigaciones comenzaron a estudiar el impacto que la vegetación y los materiales reflectivos de la envolvente edilicia (techos, pisos y fachadas) tiene para mitigar las islas de calor urbanas. La vegetación mediante su sombra y evapotranspiración; y los materiales fríos (cool materials) a través de la disminución de las temperaturas superficiales debido a que la mayor parte de la radiación solar incidente es reflejada al cielo. Los materiales fríos reducen la demanda de energía para refrigeración en edificios con aire acondicionado y mejoran el confort de los edificios sin acondicionamiento. (Akbari et al, 1992; Givoni, 1998; Scudo and Ochoa, 2003).

Es por ello que definir parámetros que caractericen el comportamiento térmico de los materiales de la envolvente urbana resulta indispensable. Las investigaciones sugieren que el albedo y la emitancia térmica tienen una gran influencia en la forma con la que un material eleva o disminuye su temperatura (Sailor and Fan, 2002; Simpson and Mc Pherson 1997; Santamouris et al., 1998; Doulos et al 2004; Araújo and Laurencó, 2005; Niachou et al, 2008).

El albedo o reflectancia solar, es el porcentaje de la energía solar reflejada por una superficie. Esta propiedad es determinante de las máximas temperaturas en un material. (Levinson, et al, 2002). Para demostrar la influencia significativa del albedo en la temperatura de una superficie se realizó una experiencia sobre una pared de ladrillo visto pintando una columna en color claro, es decir con un mayor albedo. (Cool Pavements Compendium, EPA 2008). El resultado de la imagen indica un intervalo térmico que oscila entre los 38° (área pintada) y 59°C en el área de ladrillo sin pintar. La Fig. 1 ejemplifica cómo con la sola modificación de albedo se altera significativamente la temperatura superficial de un material.

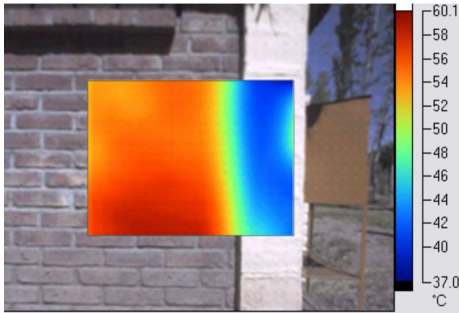


Figura 1-El efecto del albedo en las Temperaturas Superficiales.

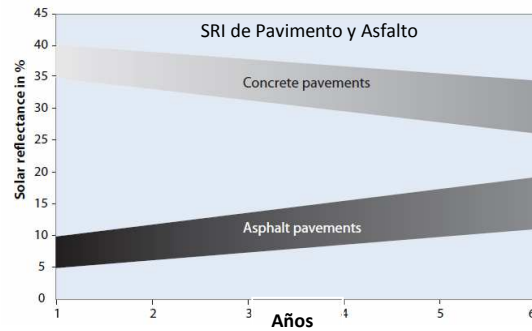


Figura 2-Reflectancia solar típica de pavimentos convencionales de asfalto y concreto a lo largo del tiempo. (EPA, 2008).

La emitancia térmica de un material determina la cantidad de calor que se irradia por unidad de superficie a una temperatura dada, es decir, la facilidad con la que una superficie arroja calor. Cualquier material expuesto a la energía radiante se calienta hasta que alcanza el equilibrio térmico. Cuando una superficie con emitancia térmica elevada es expuesta a la luz solar alcanza el equilibrio a una temperatura inferior en comparación a una superficie con baja emisión. Debido a que las superficies con alta emitancia emiten calor más fácilmente. (Avdelidis and Moropoulou, 2003).

La reflectancia solar, la emitancia térmica y la temperatura superficial con respecto a una temperatura de un patrón blanco y negro se define como Índice de Reflectancia Solar (SRI). Este indicador es adecuado para orientar a diseñadores y usuarios a elegir los materiales apropiados en torno a mejorar la eficiencia energética de edificios y comunidades, mediante la comparación directa entre superficies con diferentes propiedades ópticas (albedo y emisividad).

Investigaciones descritas en el Compendio de Pavimentos Fríos realizadas por EPA en el año 2008, demostraron que las reflectancias solares de materiales de la envolvente edilicia tienden a cambiar con el tiempo, debido a la intemperie y a la acumulación de suciedad. Por ejemplo, materiales convencionales para pavimento vehicular, tales como asfalto y concreto tienen reflectancias solares que oscilan entre 5 a 40 por ciento, lo que significa que absorben 95 a 60 por ciento de la energía que llega a ellos en lugar de reflejarla a la atmósfera. El asfalto se compone principalmente de derivados de petróleo como mezcla aglutinante con arena o piedras agregadas. El asfalto tiende a aligerar, el aglutinante se oxida y los agregados se desgastan. El hormigón también utiliza arena y agregado de piedra, pero en contraste con el asfalto, normalmente utiliza cemento Portland como un aglutinante. (The Portland Cement Association). El tráfico peatonal y vehicular en general oscurecen el cemento oscureciéndolo con el tiempo.

La Fig. 2 muestra que los niveles del Índice de reflectancia solar dependen de la edad y del material, y por lo tanto generalmente cambian con el tiempo.

El objetivo del trabajo es evaluar la modificación del desempeño térmico de diversos revestimientos para fachadas y su modificación con el envejecimiento. Para ello se ha calculado la variación del índice de Reflectividad Solar (SRI), en un lapso de dos años, de 80 revestimientos texturados de distinta composición, color y textura, presentes en la envolvente urbana.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Casos de estudio

Se estudiaron 80 tipos de revestimientos verticales de composición acrílica (SIP) y cementicia (CW) durante un período de dos años de exposición a condiciones de intemperie.

Los revestimientos texturados acrílicos (SIP), están compuestos a base polímeros acrílicos, cargas minerales de granulometría múltiple, pigmentos inorgánicos con elevada resistencia U. V., y aditivos químicos.







Los morteros cementicios (CW), están compuestos a base de cemento blanco, marmolinas, cal, pigmentos, aditivos orgánicos e inorgánicos, cargas minerales de granulometría clasificada, resinas sintéticas, funguicidas y alguicidas en polvo aptos para revestimientos de muros y fachadas.

De acuerdo a la demanda en el mercado local y frecuencia de uso, se seleccionaron ocho colores y cinco texturas de granulometría y acabado variado para la composición acrílica y cementicia,

Los colores fueron descriptos en términos de su composición RGB dada por el método sugerido por Mix & Match. Desinger'sColor's (Clark et.al, 1990).

De acuerdo a designación dada por el fabricante Weber-Sanit Gobain S.A., las texturas monitoreadas de composición acrílica, se clasificaron en: rulato travertino fino (rf) y grueso (rg), llaneado fino (lf) y grueso (lg), granitex mediano (gm). Los revestimientos cementicios (CW) fueron clasificados en: texturable rulato (tr) y travertino (tt), salpicrate salpic (ss) y planchado (sp), granitex mediano (gm). (Tab. 1).

Tabla 1. Clasificación de muestras, según composición, textura, terminación y color.

REVESTIMIENTOS VERTICALES									
COMPOSICION	ACRILICA (SIP)				COMPOSICION CEMENTICIA (CW)				
	TEXTURA	TERMINACION	COLOR	RGB		TEXTURA	TERMINACION	COLOR	RGB
	 Rulato Travertino	Fino (rf)	Blanco	R251/G251/B251	 Texturable	Rulato (tr)	Blanco	R251/G251/B251	
			Marfil	R253/G238/B196			Marfil	R253/G238/B196	
	 Llameado	Grueso (rg)	Piedra Paris	R192/G160/B123	 Salpicate	Travertino (tt)	Piedra Paris	R192/G160/B123	
			Ocre	R187/G130/B26			Ocre	R187/G130/B26	
	 Granitex	Fino (lf)	Terracota	R142/G41/B39	 Granitex	Salpicado (sp)	Gris Perla	R184/G189/B19	
		Grueso (lg)	Gris Perla	R184/G189/B192			Medio (gm)	Verde	R136/G143/B127
			Verde	R136/G143/B127				Hormigón	
			Gris Plomo	R121/G118/B124				Gris Plomo	R121/G118/B124

**2.2. Descripción de la experiencia e instrumentación**

El monitoreo se realizó durante los períodos estivales de los años 2011 y 2012. De la serie de mediciones registradas, los datos que se reportan en este estudio corresponden al 10 de marzo 2011 y al 8 de febrero 2012, por ser días en condiciones ambientales estándar. En el día 10/03/2011 se registró un flujo de radiación solar de 883 W/m<sup>2</sup>, temperatura media de aire 33°C, humedad relativa de 36.4% y velocidad de viento promedio de 1.2 m/s. Mientras que el 08/02/2012 se registró un flujo de radiación solar de 938 W/m<sup>2</sup>, una temperatura media de aire de 27°C, 31.5% de humedad relativa y 1.14 m/s de velocidad de viento. Estos datos corresponden a las 13:00hs, según lo que establece la norma de referencia. (ASTM E-1980-11, 2011).

Para estudiar el comportamiento térmico de las muestras, éstas fueron dispuestas sobre una plataforma horizontal de 7cm de espesor de poliestireno expandido ubicada en un predio del Centro Regional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Mendoza, Argentina. Coordenadas geográficas: 32°53'45" de latitud sur y 68°52'28" de longitud Oeste. (Fig. 3).



Figura 3- Evaluación térmica y óptica de los materiales en el predio.

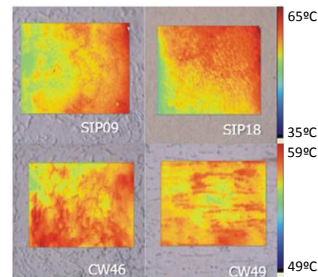


Figura 4- Distribución térmica no uniforme, en revestimientos acrílicos y cementicios.

Se estimó el envejecimiento de los revestimientos mediante el registro de emisividad, temperatura superficial, radiación solar sobre superficie horizontal y temperatura del aire correspondiente a las 13:00hs utilizados para calcular el SRI, de acuerdo a lo establecido por la norma de referencia en la que se sustenta la investigación (ASTM E1980-11).

Para determinar el valor del *albedo* ( $\hat{\alpha}$ ), se utilizó un albedómetro tipo Kipp & Zonen CMA11. Éste instrumento posee un rango espectral de 285 a 2800 nm, con una irradiancia solar máxima de 4000 W/m<sup>2</sup> (Kipp & Zonen Product Catalogue, 2012). El albedómetro registra la radiación solar recibida sobre superficie horizontal y la radiación solar reflejada, de éste modo se determina por diferencia, el albedo de cada revestimiento.

Para el cálculo de *emisividad* ( $\epsilon$ ) se empleó un sensor de temperatura de termocupla tipo T asociado a un data logger hobbo U12, el mismo fue programado en registros de medición de temperatura superficial en intervalos de 2 segundos. El valor del flujo radiante emitido por el material es comparado con el dato que registra un termómetro IR Fluke 568 con ajuste de emisividad. De modo tal que la emisividad del material corresponde a aquella que hace coincidir la temperatura de la termocupla con la del termómetro IR (ASTM Standard, 2006).

Los registros del *comportamiento térmico superficial* ( $T_s$ ) se tomaron con la cámara IR Fluke Ti 55 que detecta la radiación infrarroja de onda larga en el rango de 7.5 a 14  $\mu\text{m}$  dentro del espectro electromagnético. Con este instrumento se obtuvieron imágenes térmicas que registran el calor radiante de cada material. En las fotografías termográficas cada píxel contiene un valor de temperatura determinado. El software Smart-View 2.1, a través de algoritmos, asigna un color específico que corresponde a un valor de temperatura en las coordenada x-y de la imagen.

La energía radiante registrada por la cámara infrarroja no sólo está en función de la temperatura del objeto, sino que también de su emisividad. La misma fue seteada previamente de acuerdo al valor medido para cada material in situ.

Debido a la falta de uniformidad de las temperaturas superficiales de un mismo material estudiado, los valores corresponden al promedio del total de la superficie horizontal. Ésta escasa uniformidad se debe principalmente a una concentración de pigmentación en algunos sectores, rugosidades diversas de una misma textura, o por componentes varios del mortero. Éste efecto se acentúa en terminaciones de granulometría gruesa. (Fig. 4).

### 2.3. Cálculo de Índice de Reflectancia Solar

El "Índice de Reflectancia Solar" (SRI) es un valor en una escala de 0 a 100, que incorpora tanto la reflectancia solar (albedo) y la emitancia térmica en un solo valor para representar la temperatura de un material expuesto al sol. Se obtiene éste indicador bajo la norma ASTM E1980-11.

El SRI cuantifica el calor que acumularía un material en relación a una superficie estándar negra y una blanca, bajo condiciones ambientales estándar. Se define como patrón negro a un material con una reflectancia de 0.05 y una emitancia 0.90; y el patrón blanco posee una reflectancia 0.80 y una emitancia 0.90. El SRI es un valor entre 0% (tan caliente como una superficie de color negro) y 100% (tan fresco como una superficie blanca).

Para una superficie expuesta al sol y aislada por debajo, la temperatura superficial de equilibrio ( $T_s$ ) se obtiene a partir de:

$$T_s = 309.07 + \frac{(1066.07 \alpha - 31.90 \varepsilon)}{(6.78 \varepsilon + h_c)} - \frac{(890.94 \alpha^2 + 2153.8 \alpha \varepsilon)}{(6.78 \varepsilon + h_c)} \quad (1)$$

Dónde:

- $\alpha$  = absorptancia solar = 1 - reflectancia solar.
- $\varepsilon$  = emisividad térmica
- $T_s$  = temp. superficial en estado estacionario. K.
- $h_c$  = coeficiente convectivo.  $W.m^{-2}.K^{-1}$ , and
- $T_b$  = temperatura superficial patrón negro. K.
- $T_w$  = temperatura superficial patrón blanco. K.

El índice de Reflectividad Solar se define como:  $SRI = 100 \frac{T_s - T_b}{T_s - T_w}$  (2)

Mediante el uso de Ec. (1) se calcularon las temperaturas superficiales de los patrones, bajo condiciones ambientales locales. (Tab. 2).

Tabla 2. Índice de Reflectividad Solar de superficies patrones iniciales.

PATRONES	$\hat{\alpha}$	$\varepsilon$	$T_s$ (°C)	SRI (%)
NEGRO ( $T_b$ )	0.05	0.90	88	0
BLANCO ( $T_w$ )	0.80	0.90	37	100

A través del cálculo de Ec. (2) se obtuvieron los índices de reflectividad solar iniciales ( $SRI_1$ ) para los revestimientos acrílicos y cementicios. (Ver tabla 3).

### 2.4. Cálculo de diferencias de Índice de Reflectancia Solar entre registros térmicos 2011 - 2012

Para ponderar cómo han resistido los revestimientos al paso del tiempo, al clima, y a la suciedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$SRI_1 - SRI_2 = \Delta SRI \quad (3)$$

Dónde:

- $SRI_1$  = Índice de Reflectancia Solar *inicial*
- $SRI_2$  = Índice de Reflectancia Solar *de materiales envejecidos*.
- $\Delta SRI$  = Diferencia entre valores de  $SRI_1$  Y  $SRI_2$ .

Para simplificar el análisis se estableció un rango de valores que determina que un material muestra un comportamiento estable cuando presenta diferencias de SRI menores a ( $\pm$ ) 10 % entre ambos periodos. Resulta favorable su envejecimiento cuando el SRI inicial ( $SRI_1$ ) es menor que el SRI del material envejecido ( $SRI_2$ ). En caso contrario, registros de  $SRI_1$  mayores que el  $SRI_2$  se clasifican como materiales que muestran un comportamiento desfavorable cuando se los somete a gentes climáticas y de paso del tiempo, en orden de mitigar los efectos de la ICU.

Es decir:  $\Delta SRI > 10\%$  = Degradado;  $\Delta SRI \leq (\pm) 10\%$  = Estable;  $\Delta SRI < 10\%$  = Mejorado.

## 3. RESULTADOS

Con la Ec. (3) se calcularon los índices de reflectividad solar para los revestimientos acrílicos y cementicios de materiales envejecidos ( $SRI_2$ ) y obtuvieron sus correspondientes diferencias ( $\Delta SRI$ ) durante el solsticio de verano 2011 y 2012. (Tab. 3).

Tabla 3. Enumeración de los revestimientos verticales estudiados durante el primer y segundo año, con sus respectivos códigos asignados para la composición acrílica (SIP) y cementicia (CW); albedo ( $\hat{a}$ ); emisividad ( $\epsilon$ ); Índices de Reflectancia Solar ( $SRI_1 - SRI_2$ ) en porcentajes; y diferencias de Índice de reflectancia Solar ( $\Delta SRI$ ).

REV. ACRÍLICO								REV. CEMENTICIO							
Cod.	1° Año			2° Año			$\Delta SRI$	Cod.	1° Año			2° Año			$\Delta SRI$
	$SRI_1$ %	$\hat{a}$	$\epsilon$	$SRI_2$ %	$\epsilon$	$\hat{a}$			$SRI_1$ %	$\hat{a}$	$\epsilon$	$SRI_2$ %	$\epsilon$	$\hat{a}$	
SIP 01	97	0.86	0.85	82	0.95	0.65	-15	CW 41	98	0.85	0.90	99	0.90	0.79	1
SIP 02	104	0.90	0.90	84	0.90	0.68	-20	CW 42	88	0.78	0.85	89	0.90	0.71	1
SIP 03	92	0.81	0.88	70	0.90	0.58	-22	CW 43	77	0.72	0.80	84	0.90	0.68	6
SIP 04	57	0.51	0.95	53	0.95	0.43	-4	CW 44	58	0.55	0.85	62	0.95	0.50	4
SIP 05	50	0.45	0.95	50	0.97	0.39	0	CW 45	58	0.53	0.93	57	0.95	0.46	-1
SIP 06	64	0.60	0.85	61	0.95	0.49	-3	CW 46	68	0.64	0.82	70	0.90	0.58	2
SIP 07	49	0.44	0.95	56	0.95	0.45	7	CW 47	51	0.47	0.95	67	0.90	0.55	15
SIP 08	37	0.34	0.95	50	0.95	0.40	13	CW 48	41	0.37	0.95	56	0.95	0.45	15
SIP 09	89	0.79	0.85	75	0.90	0.61	-13	CW 49	60	0.57	0.85	104	0.85	0.83	44
SIP 10	99	0.86	0.90	75	0.90	0.61	-24	CW 50	86	0.77	0.85	92	0.85	0.75	6
SIP 11	94	0.82	0.90	58	0.90	0.48	-36	CW 51	79	0.71	0.90	86	0.90	0.69	7
SIP 12	51	0.47	0.95	42	0.95	0.33	-10	CW 52	69	0.63	0.90	67	0.95	0.54	-2
SIP 13	38	0.35	0.94	47	0.97	0.37	9	CW 53	53	0.48	0.95	70	0.95	0.56	16
SIP 14	56	0.51	0.95	61	0.95	0.49	5	CW 54	78	0.70	0.90	75	0.85	0.62	-3
SIP 15	46	0.42	0.95	42	0.97	0.33	-4	CW 55	58	0.54	0.90	62	0.95	0.50	4
SIP 16	38	0.34	0.95	45	0.95	0.36	7	CW 56	54	0.50	0.90	50	0.95	0.40	-3
SIP 17	91	0.82	0.80	75	0.90	0.61	-16	CW 57	91	0.81	0.85	89	0.85	0.72	-2
SIP 18	55	0.53	0.85	70	0.90	0.58	15	CW 58	91	0.80	0.90	88	0.90	0.70	-3
SIP 19	104	0.90	0.90	66	0.95	0.53	-37	CW 59	76	0.68	0.90	73	0.90	0.60	-3
SIP 20	95	0.83	0.90	60	0.90	0.50	-35	CW 60	65	0.58	0.95	70	0.90	0.58	5
SIP 21	48	0.43	0.95	42	0.97	0.32	-6	CW 61	66	0.60	0.90	56	0.95	0.45	-10
SIP 22	87	0.77	0.90	68	0.90	0.56	-18	CW 62	79	0.72	0.85	78	0.90	0.63	-1
SIP 23	45	0.41	0.95	51	0.95	0.41	6	CW 63	56	0.52	0.90	52	0.90	0.44	-4
SIP 24	29	0.26	0.95	51	0.90	0.43	22	CW 64	41	0.39	0.90	40	0.95	0.32	-1
SIP 25	94	0.83	0.85	98	0.85	0.79	5	CW 65	94	0.84	0.80	94	0.85	0.76	0
SIP 26	83	0.75	0.85	91	0.85	0.74	8	CW 66	83	0.75	0.85	82	0.90	0.66	-1
SIP 27	61	0.58	0.85	71	0.90	0.58	10	CW 67	68	0.63	0.85	72	0.90	0.59	4
SIP 28	83	0.74	0.90	48	0.95	0.39	-34	CW 68	58	0.52	0.95	64	0.95	0.51	6
SIP 29	56	0.50	0.95	55	0.97	0.43	-1	CW 69	54	0.48	0.95	61	0.95	0.49	7
SIP 30	83	0.74	0.90	62	0.95	0.50	-21	CW 70	73	0.67	0.85	78	0.95	0.62	5
SIP 31	39	0.36	0.95	45	0.95	0.36	6	CW 71	54	0.50	0.90	61	0.95	0.49	7
SIP 32	33	0.30	0.95	46	0.90	0.39	13	CW 72	40	0.36	0.95	50	0.95	0.40	10
SIP 33	98	0.86	0.85	92	0.90	0.73	-6	CW 73	92	0.82	0.85	88	0.90	0.70	-5
SIP 34	86	0.77	0.85	84	0.90	0.67	-2	CW 74	85	0.77	0.85	82	0.90	0.67	-3
SIP 35	73	0.67	0.85	60	0.95	0.48	-14	CW 75	82	0.73	0.90	75	0.90	0.61	-7
SIP 36	80	0.72	0.90	52	0.95	0.42	-28	CW 76	57	0.53	0.90	64	0.90	0.53	6
SIP 37	49	0.44	0.95	50	0.95	0.40	1	CW 77	57	0.53	0.9	58	0.90	0.48	0
SIP 38	54	0.50	0.92	60	0.95	0.48	6	CW 78	78	0.72	0.80	74	0.90	0.61	-4
SIP 39	43	0.39	0.95	49	0.95	0.39	5	CW 79	53	0.49	0.9	53	0.90	0.44	0
SIP 40	35	0.32	0.95	40	0.95	0.31	5	CW 80	80	0.71	0.95	48	0.90	0.40	-32

### 3.1 Diferencias de Índice de Reflectividad Solar según composición.

Revestimientos acrílicos (SIP) versus Revestimientos cementicios (CW).

Después de someter a los revestimientos a condiciones climáticas exteriores, se calcularon diferencias en los niveles de SRI para los materiales de composición acrílica y cementicias.

El 35% de los materiales acrílicos disminuyeron su capacidad para mitigar los efectos negativos de las ICU y tan solo 2.5% de los cementicios integraron éste rango. Dentro de los materiales que se mantienen estables, se encuentran el 32.5% de los acrílicos y el 65% de los cementicios evaluados. Se registró que el 32.5% de cada composición mejoró su índice entre un 10% y un 35%.

La Fig. 5 muestra que el SRI de los revestimientos cementicios sufre menos degradación y por lo tanto son mayormente estables. Mientras que el 22.5 % de los materiales de composición acrílica registra una disminución de los niveles de SRI mayor al 20% de degradación. (Fig. 5 y Tab. 4).

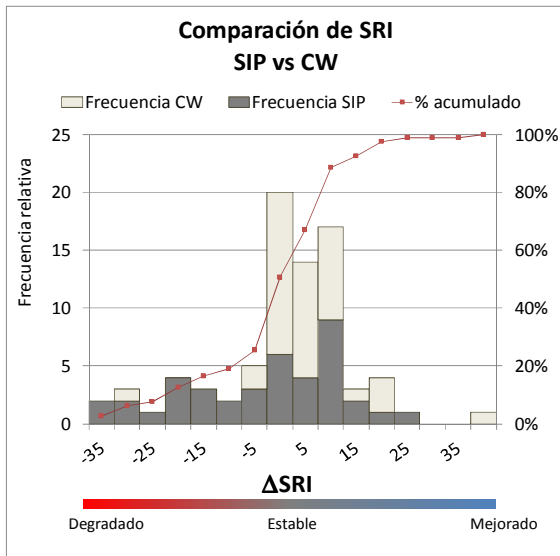


Figura 5- Distribución de frecuencias relativas de diferencias de SRI ( $\Delta$  SRI) en revestimientos según composición (acrílicos y cementicios).

Comportamiento	$\Delta$ SRI	Rev. Acrílicos (SIP)			Rev. Cementicios (CW)		
		Frec. Absoluta	Frec. Relativa	% acumulado	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	% acumulado
Degradado	-35	2	5%	5%	0	0%	0%
	-30	2	5%	10%	1	3%	3%
	-25	1	3%	13%	0	0%	3%
	-20	4	10%	23%	0	0%	3%
	-15	3	8%	30%	0	0%	3%
Estable	-10	2	5%	35%	0	0%	3%
	-5	3	8%	43%	2	5%	8%
	0	6	15%	58%	14	35%	43%
Mejorado	5	4	10%	68%	10	25%	68%
	10	9	23%	90%	8	20%	88%
	15	2	5%	95%	1	3%	90%
	20	1	3%	98%	3	8%	98%
	25	1	3%	100%	0	0%	98%
	30	0	0%	100%	0	0%	98%
	35	0	0%	100%	0	0%	98%
y mayor...	0	0%	100%	1	3%	100%	

Tabla 4. Frecuencias absolutas, relativas y porcentajes acumulados de revestimientos acrílicos (SIP) y cementicios (CW) degradados, estables y mejorados con el envejecimiento,

### 3.2. Diferencias de Índice de Reflectividad Solar entre colores.

Al evaluar de forma aislada la variable color, para ambas composiciones, detectamos que el 80% de los materiales de color verde cemento, el 70% de los gris plomo y el 50% de los terracota, han mejorado su habilidad reflectiva entre un 10 y un 40%.

Dentro de los colores que mantuvieron constante su SRI a lo largo del tiempo se encuentra, en primer lugar, los revestimientos de tonalidad terracota, ya que la mitad (50%) de las muestras no han sufrido el desgaste de la exposición a la intemperie. En segundo lugar, se ubican las tonalidades marfil y gris perla, con un 40% para cada color.

Los colores que más redujeron sus propiedades reflectivas son: el piedra parís (40%) y el blanco (30%), con disminuciones de SRI entre 10 y un 35%. (Fig. 6).

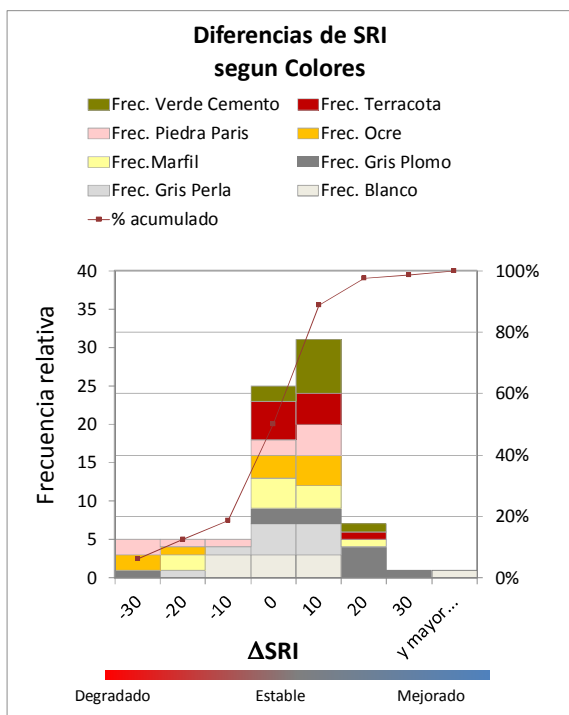


Figura 6- Distribución de frecuencias relativas de diferencias de Índice de Reflectancia Solar ( $\Delta$  SRI) en revestimientos según color.

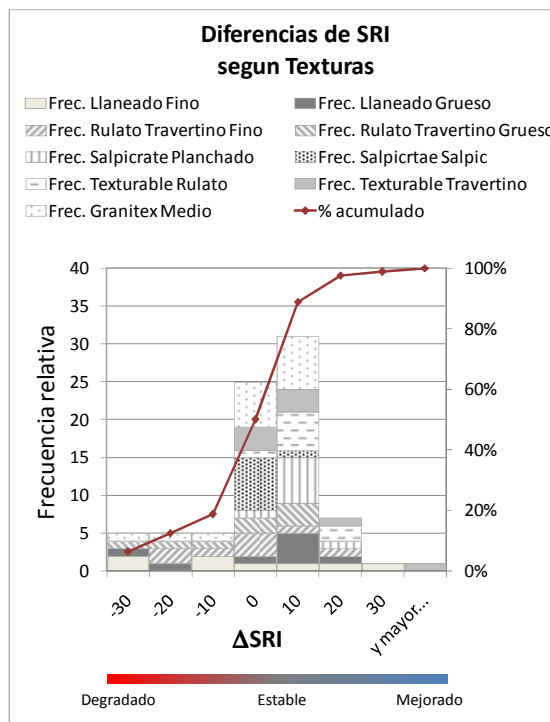


Figura 7- Distribución de frecuencias relativas de diferencias de índice de Reflectancia Solar ( $\Delta$  SRI) en revestimientos según textura.

### 3.3. Diferencias de Índice de Reflectividad Solar entre texturas y terminaciones.

Al analizar por separado a los materiales de acuerdo a su textura y terminación, se observa que la textura más eficiente es la Llaneada fina. Es decir, que el 50% de los materiales que poseen dicho acabado han disminuido su capacidad reflectiva entre un 10 y un 45%. Luego continúa con un 39% de frecuencia la Llaneada Gruesa.

Las texturas que han mantenido su índice de reflectividad más estable al paso del tiempo, al clima y a la suciedad son: en primer lugar, la Salpicrate salpic con una frecuencia relativa del 88%; seguida por la Texturable travertino, Granitex medio y Rulato travertino fino con iguales porcentajes registrados (38% en cada caso).

La textura Salpicrate planchada y la Texturable travertino han mostrado una notable mejoría en su comportamiento térmico. El 88% de ambas texturas aumentó su SRI en un rango de 10 a 40%. El segundo lugar lo ocupan los acabados Llaneado grueso y Texturable travertino, con un 63% de frecuencia en cada configuración. (Fig. 7).

## CONCLUSIONES

El papel de la envolvente urbana es decisivo para la reducción de las ganancias térmicas y el sobrecalentamiento de una ciudad. Éste estudio demostró que las reflectancias solares de revestimientos texturados para fachadas tienden a cambiar con el tiempo, debido al desgaste producido por las condiciones de intemperie y acumulación de suciedad.

Los niveles del Índice de reflectancia solar dependen de la edad y del material, y por lo tanto en la mayoría de los casos cambian con el tiempo.

Al momento de seleccionar un revestimiento para fachada de acuerdo a su resistencia al envejecimiento según su composición, se recomienda la elección de los cementicios (CW), ya que el 98% de ellos han mostrado estabilidad o crecimiento en sus capacidades para disminuir su temperatura superficial. En contraste con un 65% de frecuencia en los materiales de composición acrílica.

La variable color evidencia un comportamiento más eficiente en la tonalidades oscuras, en el orden de mitigar los efectos negativos de la ICU a lo largo del tiempo. Es decir que el desgaste aumenta los niveles de SRI registrados inicialmente. El 80% de las muestras de color verde cemento, el 70% del gris plomo y el 50% del terracota, han aumentado su SRI entre un 10 y 45%. Para el resto de los colores de tonalidades más claras la mejoría fue en un 40% de los casos estudiados.

Resulta distintiva la elección de la textura y terminación, ya que se registraron aumentos de SRI en un 88% de las muestras de acabado Salpicrate planchado y Texturable rulato. Manteniéndose en condiciones estables la textura Salpicrate salpic con registros del 88% de frecuencia.

El seguimiento y categorización anual de las modificaciones de niveles de SRI, permite ponderar el efecto del envejecimiento sobre el comportamiento térmico de los materiales evaluados. Con ello se pretende obtener una visión global del comportamiento térmico de los materiales a través de los años. Para transferir esta información a los responsables del desarrollo del hábitat en nuestra región.

## REFERENCIAS

- Akbari H., Davis S., Dorsano S. Huang J. And Winert S.,1992. Cooling our Communities- US Environmental Protection Agency, Office of Policy Analysis, Climate Change Division.
- American Society for Testing And Materials,2006. **ASTM E-1933-99a**: Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers.
- American Society For Testing And Materials, 2011. **ASTM E-1980-11**: Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces.
- Araújo P. and Laurencio F., 2005.Measurement of Albedo and Analysis of Influence the Surface Temperature of Building Roof Materials. Energy and Buildings, vol. 37, p.p. 295-300.
- Avdelidis N., Moropoulou A., 2003. Emissivity considerations in building thermography, Energy and Buildings, vol.35, pp. 663–667.
- Clark N., King J., Starling P., Buzzard N., Dawes R., Slingsby J, 1991. Mix & Match.Designer's Color's, 2ª edición. QuatroPublishingpl.ISBN: 0-442-30432-3. New York.
- Doulos M., Santamouris M., and Livada I., 2004.Passive Cooling of Outdoor urban spaces.The Role of Materials. Solar Energy,vol.77, p.p. 231-249.
- Environmental Protection Agency.EPA, 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies: Basic and Cool Pavements Compendium.
- Givoni, B.,1998. Climate Considerations In Building And Urban Design. John Wiley & Sons, Inc. Newyork, P-241.
- Kipp & Zonen Product Catalogue. Disponible en: <<http://www.kippzonen.com>>. Acceso: 1 mar. 2012.
- Levinson, R., H. Akbari, S. Konopacki, and S. Bretz. 2002. Inclusion of Cool Roofs in Nonresidential Title 24 Prescriptive Requirements. Paper LBNL-50451.Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- Niachou, K., Livada, L., Santamouris, M., 2008. Experimental study of temperature and airflow distribution inside an urban street canyon during hot summer weather conditions.-Part I: Air and surface temperatures. Building and Environment, vol.43, pp.1383-1392.
- Sailor D., Fan H., 2007. Modeling the diurnal variability of effective albedo for cities.Atmospheric Environment, vol. 36, pp. 713–725.
- Santamouris M., Papanikolaou N., andGeorgakis C.,1998. Square,Athens,Greece.Internal Report.Group Building Environmental Studies, Physics Department, University of Athens, Athens, Greece.
- Scudo, G. y Ochoa, J.M., 2003.Spazi Verdi Urbani. La Vegetazione Come Strumento Di Progetto Per Il Comfort Ambientale Negli Spazi Abitati. Napoli: Sistemi Editoriali.
- Simpson J., McPherson, E., 1997.The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona.Energy and Buildings, vol. 25, pp.127-137.
- The Portland Cement Association. Disponible en <[www.cement.org/tech/cct\\_concrete\\_prod.asp](http://www.cement.org/tech/cct_concrete_prod.asp)>

### **EFFECT OF AGING OF VERTICAL COATINGS ON THEIR THERMAL PERFORMANCE. MODIFICATION OF SOLAR REFLECTANCE INDEX.**

**Abstract.** *This work is framed within a research project whose main purpose is to study the influence of the components in the urban heat island phenomenon. The use of cold materials is a passive cooling strategy available in cities and suitable for prevent the growth and accumulation of heat. This enables at the same time to improve the livability of urban space in terms of comfort and reduce cooling consumption in buildings, allowing the use of rational energy and contributing to the environmental sustainability. It is therefore important to evaluate the thermal performance of different coatings available regionally in order to classify them according to their ability to reduce urban temperatures. For this reason, during a period of two years, it was studied the thermo-physical 80 textured coatings for facades in acrylic and cement compositions, with colors, shades and textures of wide diffusion in the local park building complex. They were exposed and evaluated in the outdoor. The variation in thermal behavior with aging was evaluated by modifying Solar Reflectance indicator (SRI) over time. The results show that 35% of acrylic coatings decreased their ability to mitigate the effects of heat island, while 98% of the cementitious maintained or increased their capacity of mitigation.*

**Key words:** *Aging, Solar Reflectance Index, Cool Materials.*