Diseño y Planificación para la Mitigación de la **Contaminación Luminocturna**

Dr. Fernando Abruña, FAIA
Abruña & Musgrave, Arquitectos

Pasado Presidente y Co-Fundador del
US Green Buildig Council, Capítulo del Caribe
www.usgbccaribbean.org

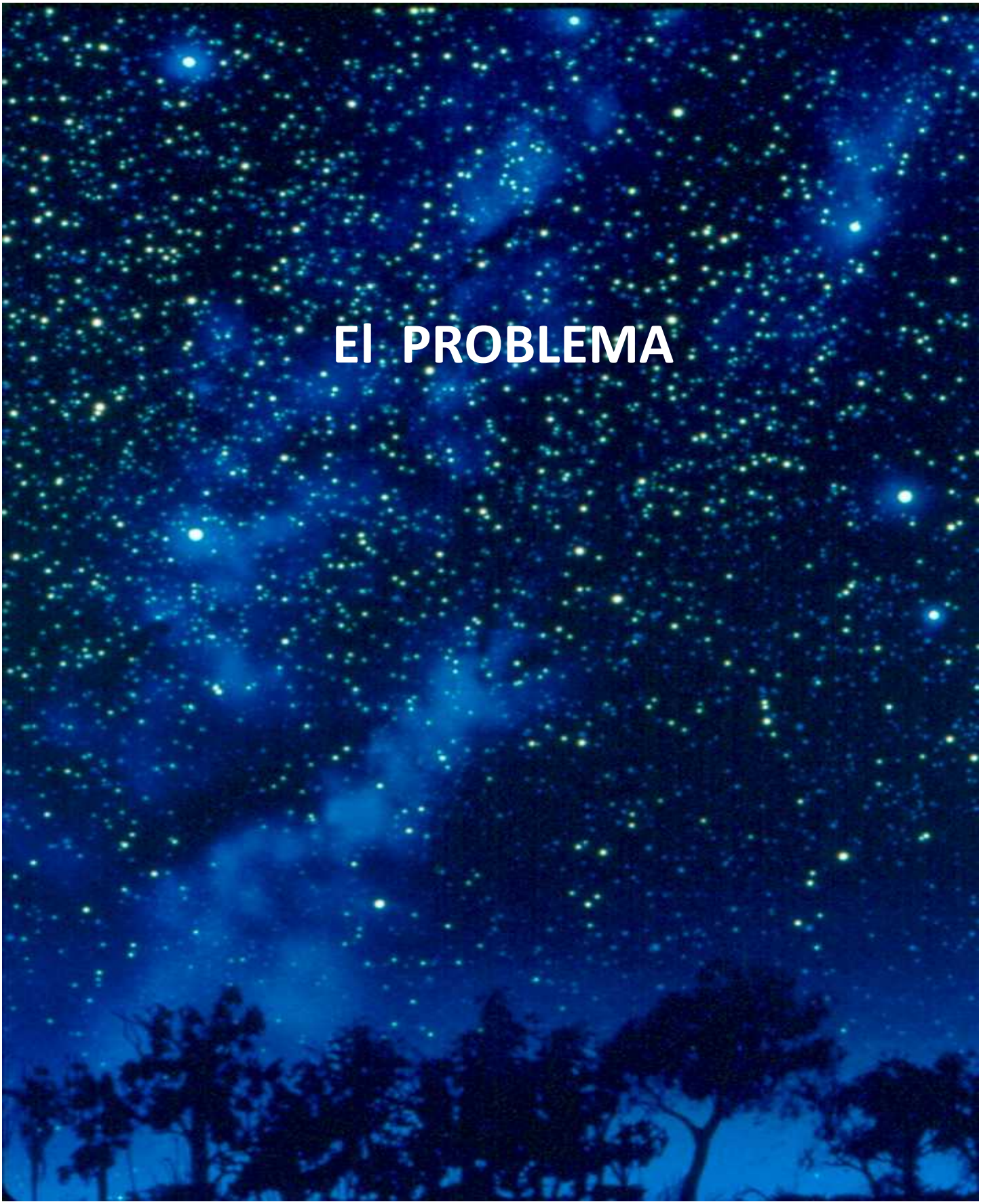
©2013 por Fernando Abruña

Contaminación Luminocturna

Múltiples aspectos a considerar

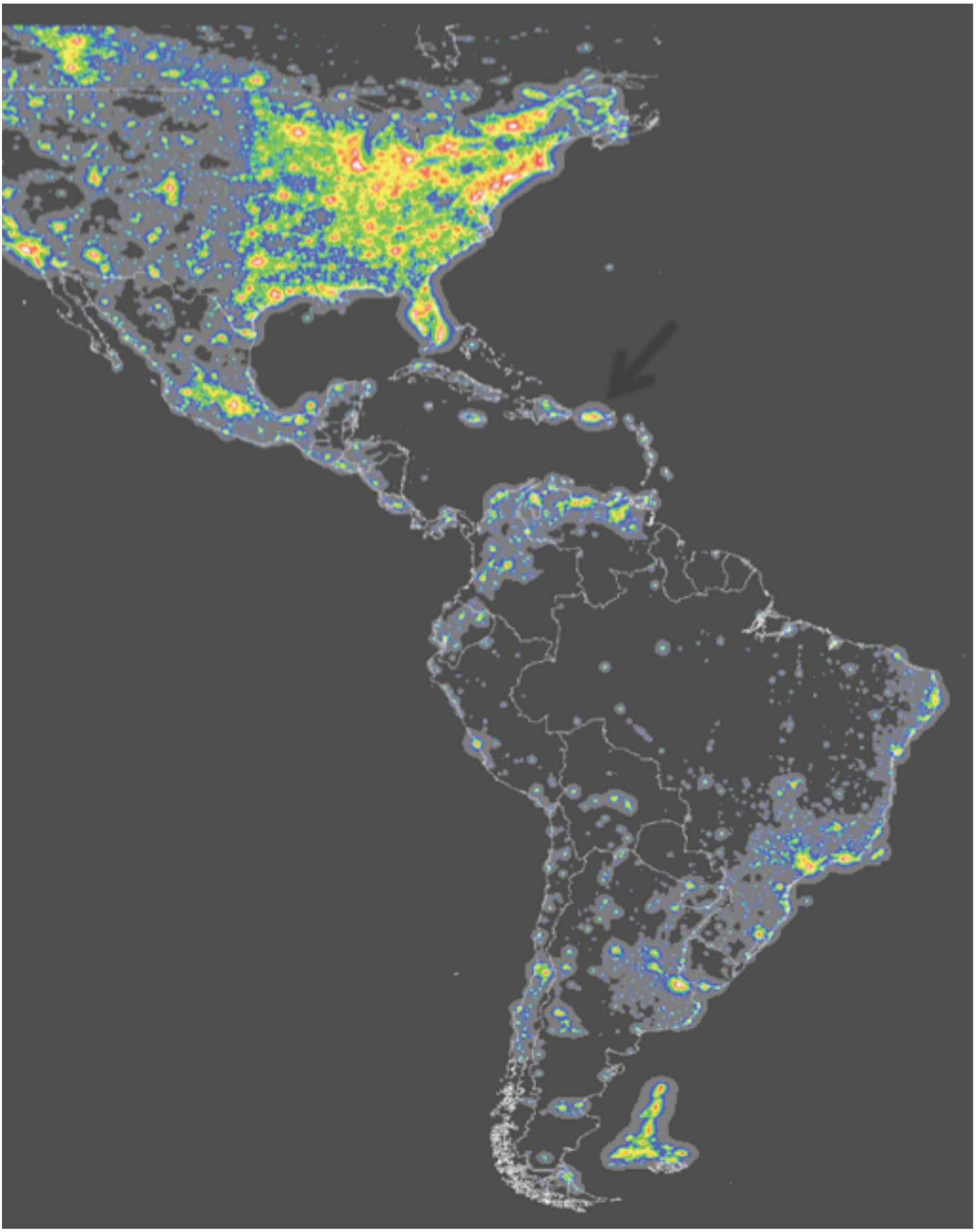
1. Conservación y **eficiencia** energética
2. Obscuridad y **seguridad**
3. Contaminación lumínica y **Salud**
4. **Ecología** y ambiente natural
5. **Astronomía** y Cielos Oscuros

©2013 por Fernando Abruña

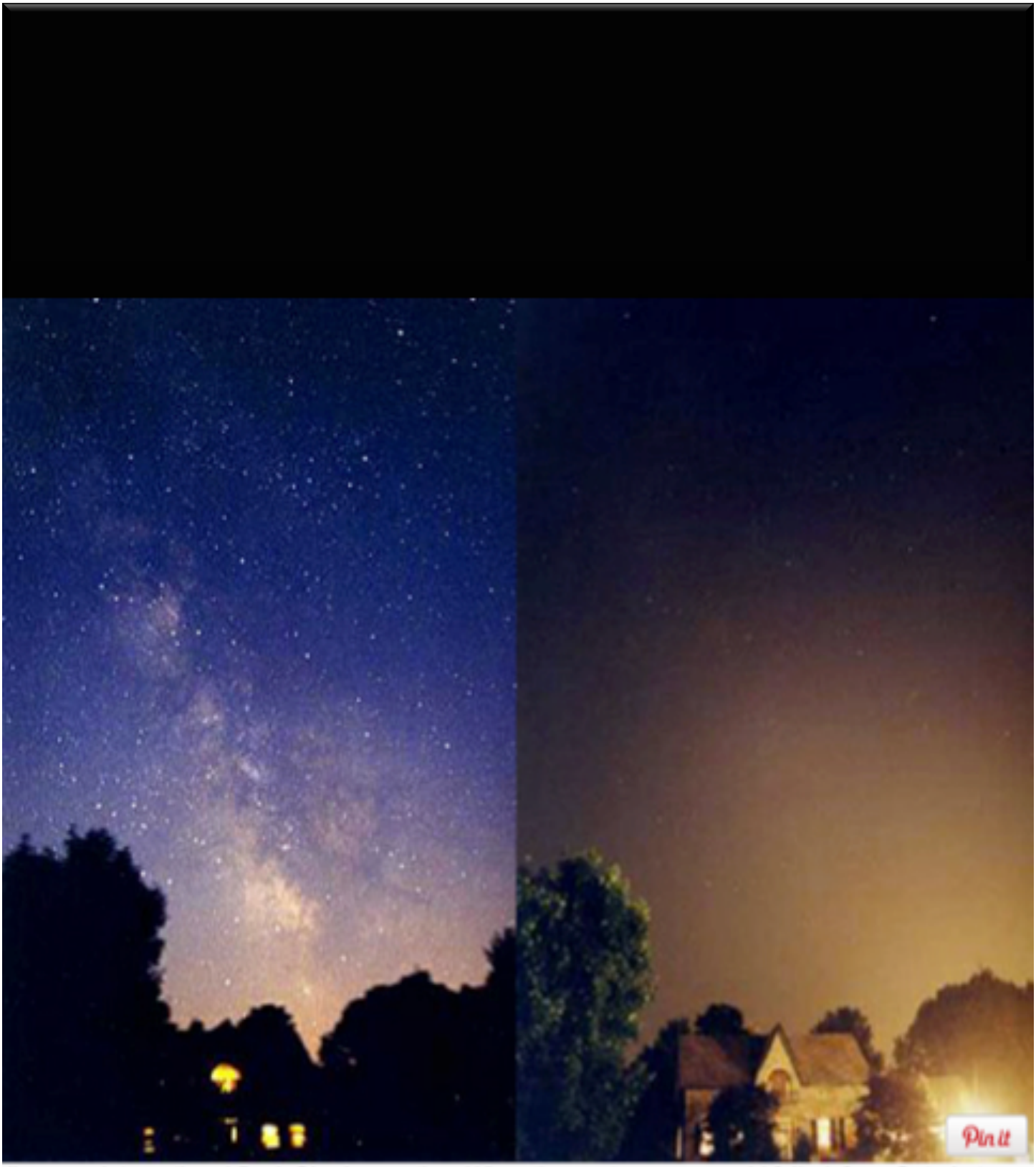


El PROBLEMA

©2013 por Fernando Abruña



©2013 por Fernando Abruña



(Images: International Dark-Sky Assocation. When the eastern power grid failed, from Ontario to New York City, in August 2003, it revealed something many city dwellers had never seen: from horizon to horizon, a sky full of stars. Then the power came back on.)

©2013 por Fernando Abruña

Los Angeles
visto desde el observatorio de Mount Wilson, 1908

Los Angeles
visto desde el observatorio de Mount Wilson, 1988

©2013 por Fernando Abruña

Invasión Lumínica (Light Trespass)

©2013 por Fernando Abruña

Indice de Contraste, Fondo y Figura

©2013 por Fernando Abruña

CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA ENTENDER EL RETO

©2013 por Fernando Abruña

Unidades de Medición

Lumens: Unidad de flujo lumínico

Watt: Unidad de potencia eléctrica

Lumens/Watt: Unidad de eficiencia energética para una fuente de luz.

Mientras más lumens se generen por watt de potencia, más eficiente será la lámpara.

La unidad que más útil nos será para la medición de contaminación luminocturna es el "**Foot Candle**" (Pie Bujía)

©2013 por Fernando Abruña

Unidades de Medición

Esto NO es un Foot Candle

©2013 por Fernando Abruña

Unidades de Medición

Foot Candle (Pie Bujía):
Unidad que mide la intensidad de luz sobre una superficie.

FC= 1 lumen/P^2.

Lux = 1 lumen/M^2

Para convertir de foot-candle a Lux: multiplique X 10.764

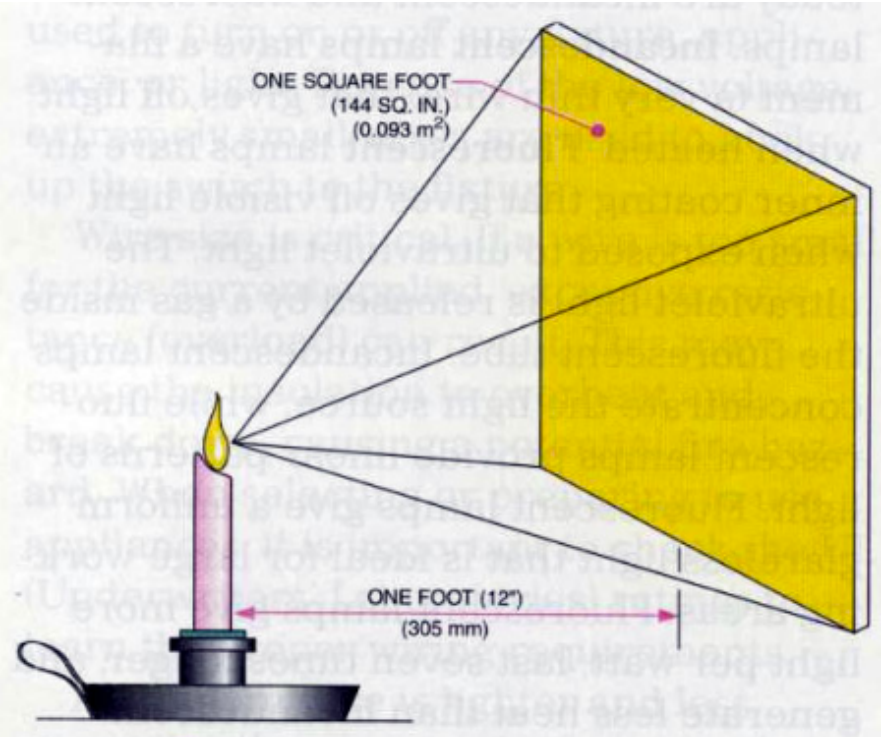


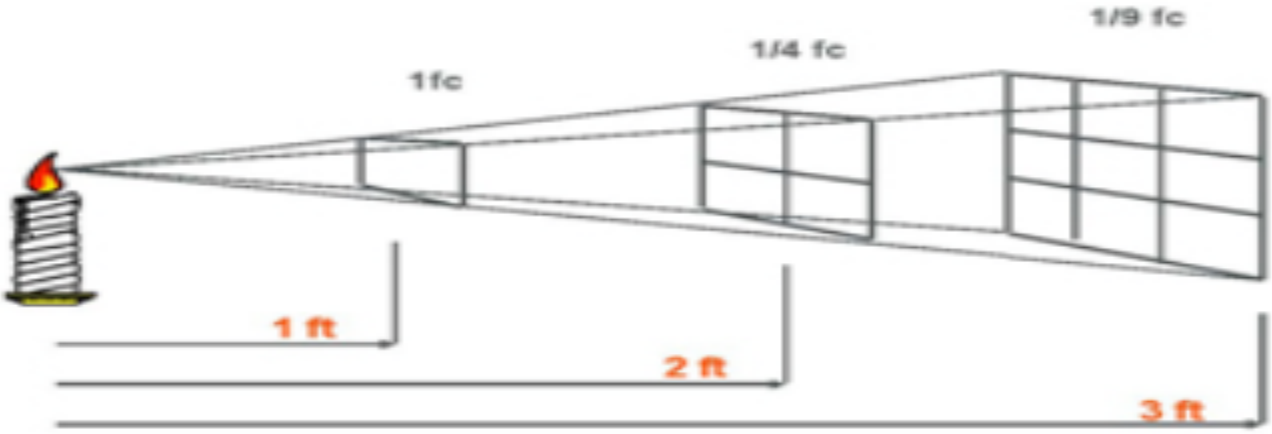
Fig. 31-8 ■ One footcandle of light.

©2013 por Fernando Abruña

Unidades de Medición

Quantity of Light

Quantity of light is *evaluated* in terms of illuminance, i.e., the amount of light (lumens) on a WORK PLANE or room surface. It is measured in lux (lumens per square meter) in the metric system or footcandles (lumens per square foot) in the English system.



Footcandles (fc) are used as a relative measurement to explain the recommended light levels for different areas and tasks in the home.

©2013 por Fernando Abruña

Lumen Efficacy of Lighting Technology

Poor
Incandescent

8 to 17 Lumens per Watt

$50.00 for 50 bulbs (1,000 hour life)

$271.35 electricity

$321.35

Save $233.17 when switching to TAM Energy LEDs

Better
Compact Flourescent

50 to 72 Lumens per Watt

$50.00 for 5 bulbs (10,000 hour life)

$84.42 electricity

$134.45

Save $46.24 when switching to TAM Energy LEDs

BEST
TAM Energy 3.5W R20 - LED

50 to 72 Lumens per Watt

$50.00 for 1 bulbs (50,000 hour life)

$36.18 electricity

$88.18

Cost Analysis: 50,000 Hours of Light

Features	LED	CFL	Incandescent	Halogen	HID
Light Bulb Comparison					
Rated Avg. Life	50,000	10,000	750-1000	3,000	20,000
Life Span	Vastly Longer	Long	Low	Medium	Long
Watts	6-18	3-120	3-500	5-500	35-1500
Cost to Operate	Lowest	Low	High	Medium	Low
Energy Consumption	Lowest	Low	Medium	Medium	High
Lumens per Watt	45-75	60	15	25	Up to 120
Color Temp. (K)	2700-5000	2700-6500	2700	3000	1700-6500

©2013 por Fernando Abruña

Niveles de Iluminación

High Pressure Sodium

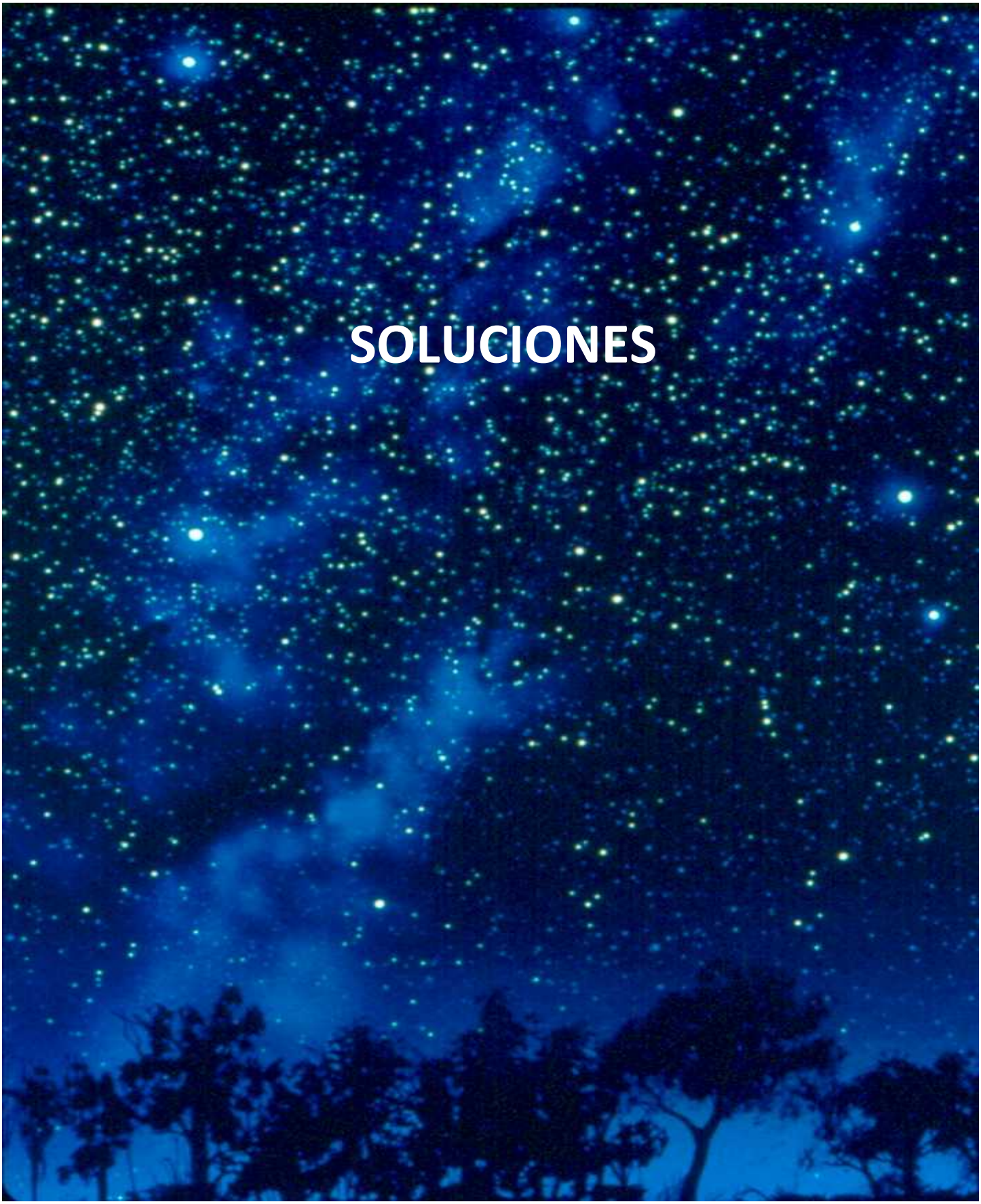
Foot-Candles Received from varying distances.

This chart is in reference to the amount of light, not heat.

Lumen Output Of Bulb.
Wattage Of Bulb.
Inches From Bulb.

	16,000	27,500	50,000	53,000	92,000	140,000
	150	250	400	430	600	1,000
4	45,837	78,782	143,239	151,834	263,561	401,070
5	29,335	50,420	91,673	97,174	168,679	256,685
6	20,372	35,014	63,662	67,482	117,138	178,254
7	14,967	25,725	46,772	49,578	86,061	130,962
8	11,459	19,695	35,810	37,958	65,890	100,268
9	9,054	15,562	28,294	29,992	52,061	79,224
10	7,334	12,605	22,918	24,293	42,170	64,171
11	6,061	10,417	18,941	20,077	34,851	53,034
12	5,093	8,754	15,915	16,870	29,285	44,563
13	4,340	7,459	13,561	14,375	24,952	37,971
14	3,742	6,431	11,693	12,395	21,515	32,740
15	3,259	5,602	10,186	10,797	18,742	28,521
16	2,865	4,924	8,952	9,490	16,473	25,067
17	2,538	4,362	7,930	8,406	14,592	22,205
18	2,264	3,890	7,074	7,498	13,015	19,806
19	2,032	3,492	6,349	6,729	11,681	17,776
20	1,833	3,151	5,730	6,073	10,542	16,043
21	1,663	2,858	5,197	5,509	9,562	14,551
22	1,515	2,604	4,735	5,019	8,713	13,259
23	1,386	2,383	4,332	4,592	7,972	12,131
24	1,273	2,188	3,979	4,218	7,321	11,141
25	1,173	2,017	3,667	3,887	6,747	10,267
26	1,085	1,865	3,390	3,594	6,238	9,493
27	1,006	1,729	3,144	3,332	5,785	8,803
28	935	1,608	2,923	3,099	5,379	8,185
29	872	1,499	2,725	2,889	5,014	7,630
30	815	1,401	2,546	2,699	4,686	7,130
31	763	1,312	2,385	2,528	4,388	6,678
32	716	1,231	2,238	2,372	4,118	6,267
33	673	1,157	2,105	2,231	3,872	5,893
34	634	1,090	1,983	2,102	3,648	5,551
35	599	1,029	1,871	1,983	3,442	5,238
36	566	973	1,768	1,874	3,254	4,951

©2013 por Fernando Abruña

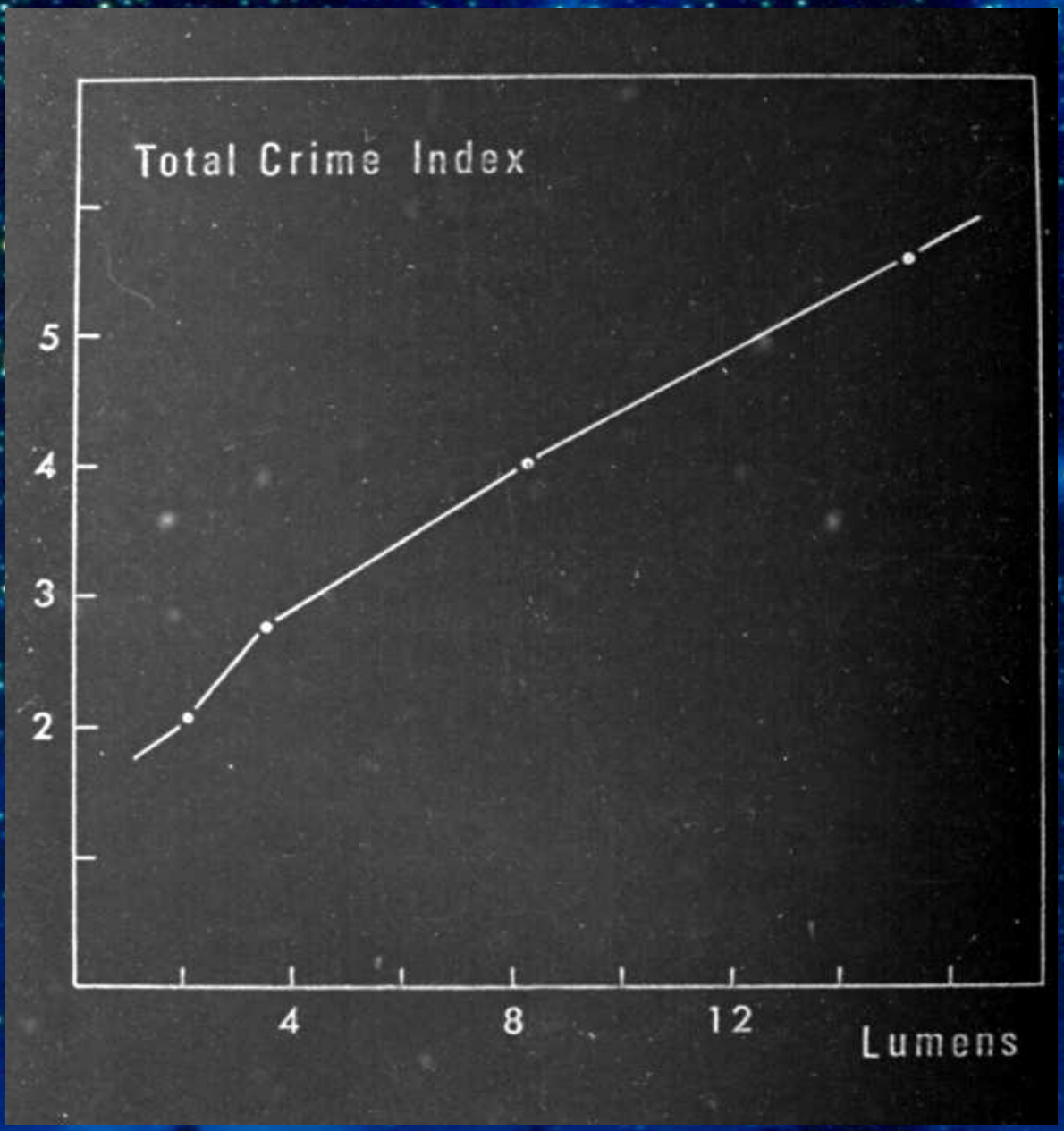


SOLUCIONES

©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

©2013 por Fernando Abruña



Más luz no es igual a mayor seguridad

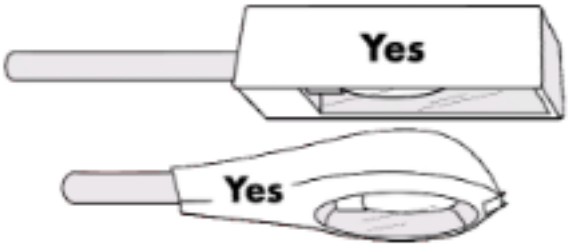
©2013 por Fernando Abruña

©2013 por Fernando Abruña

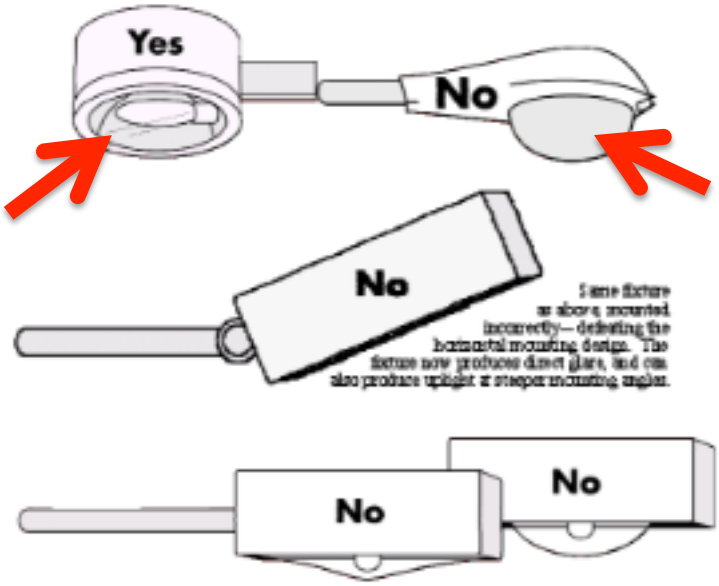
Estrategias de Diseño

Utilizar lámparas Full Cut Off

What is a True "Full Cutoff" Outdoor Lighting Fixture?



Flat glass lens, eliminates or minimizes direct glare, no upward throw of light. The housing for these fixtures is available in many styles.



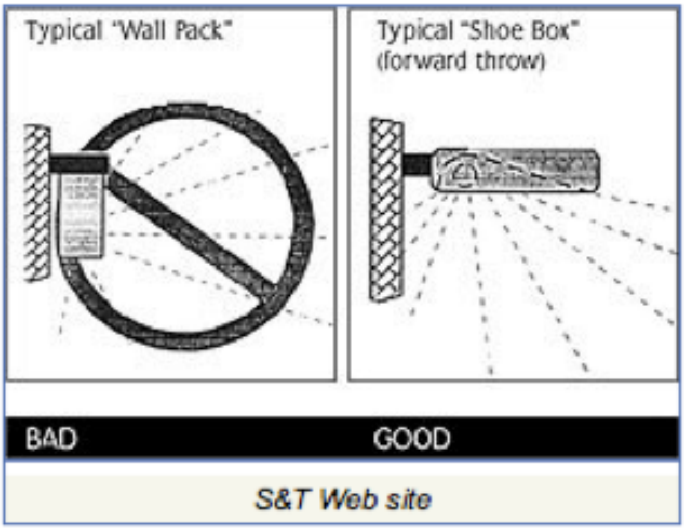
Known as just "Cutoff". Center "drop" or "sag" lens with or without exposed bulb, produces direct glare.

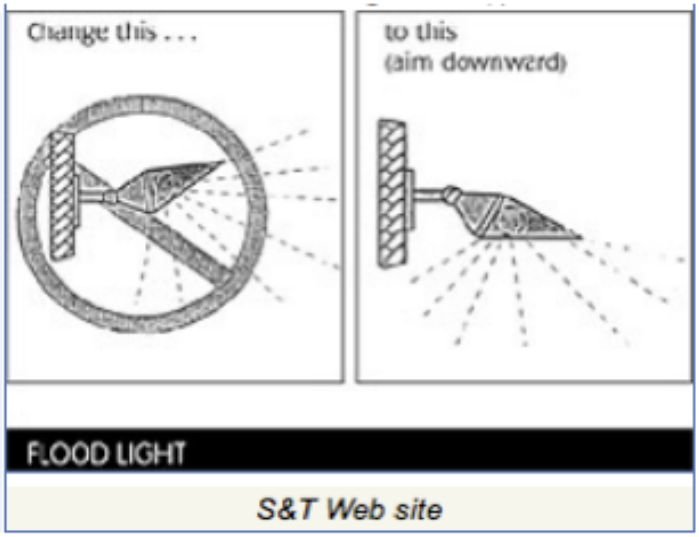
Forward-Throw Style. Exposed bulb in the forward direction produces some direct glare.

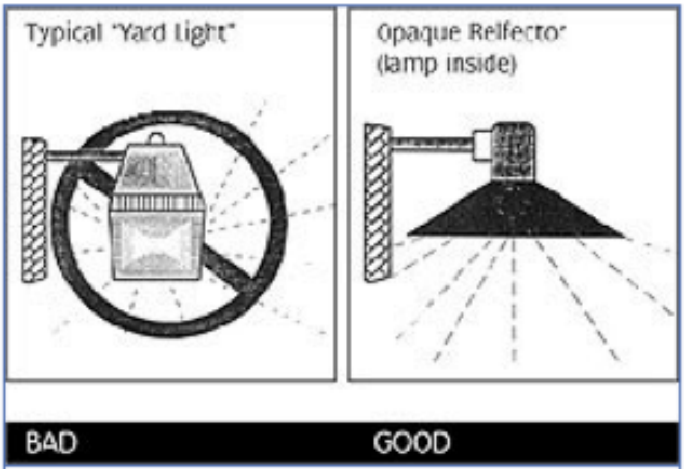
Reproduced with permission from the International Dark-Sky Association (IDA) (http://www.darksky.org/).

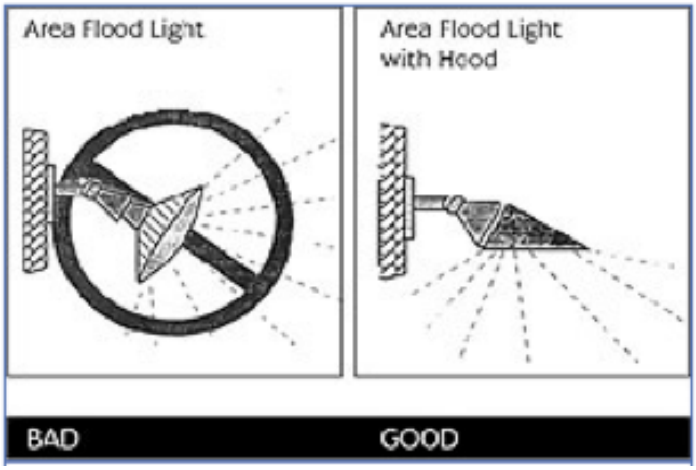
©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño





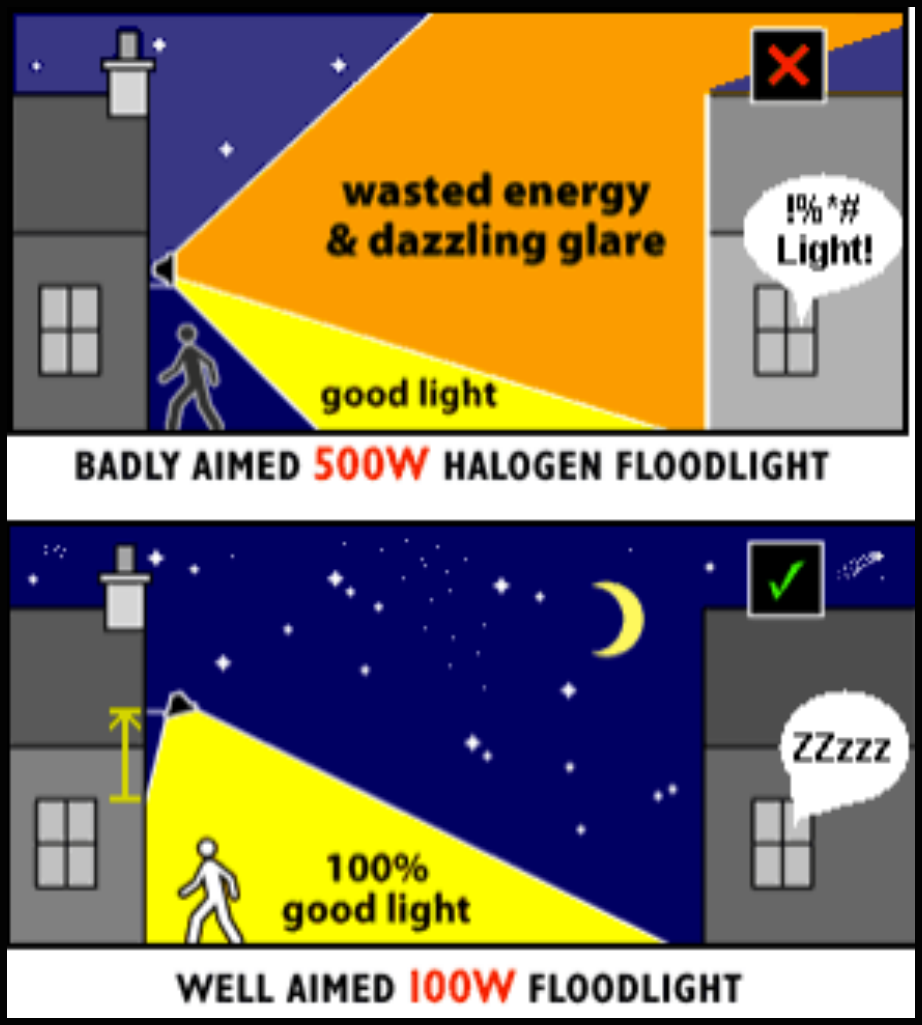




©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

©2013 por Fernando Abruña



©2013 por Fernando Abruña

©2013 por Fernando Abruña

Complejo de Cines en Branford , Connecticut
Antes y después de instalar lámparas “Full Cut Off”

©2013 por Fernando Abruña

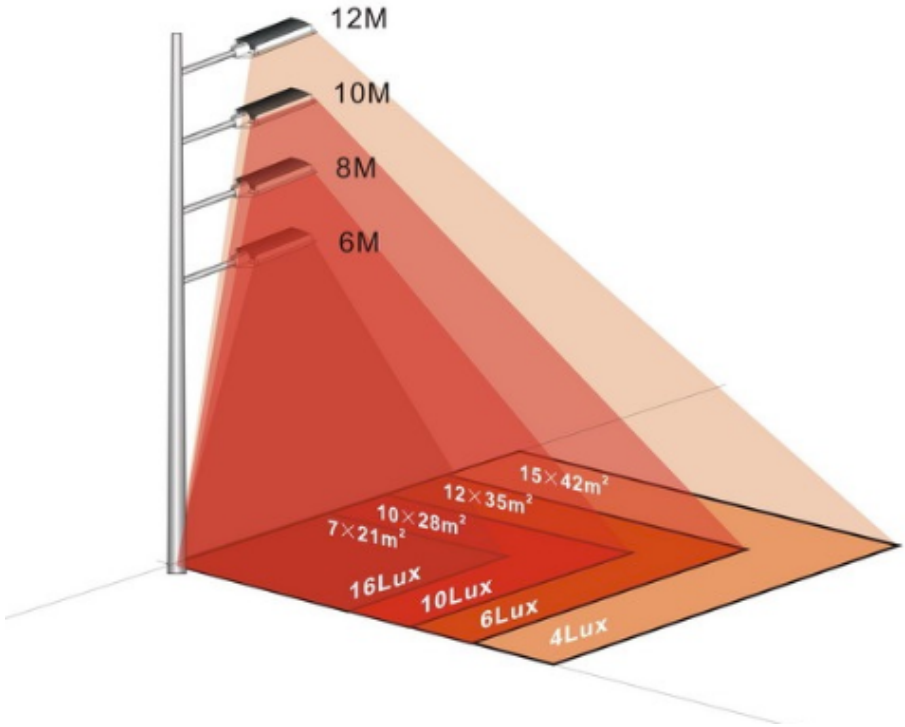
Estrategias de Diseño

Limitar la **altura de las lámparas** interiores para mitigar contaminación luminocturna a través de ventanas y clerestorios.

©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Es preferible usar más **postes bajos de menor potencia** que menos postes altos de mucha potencia.



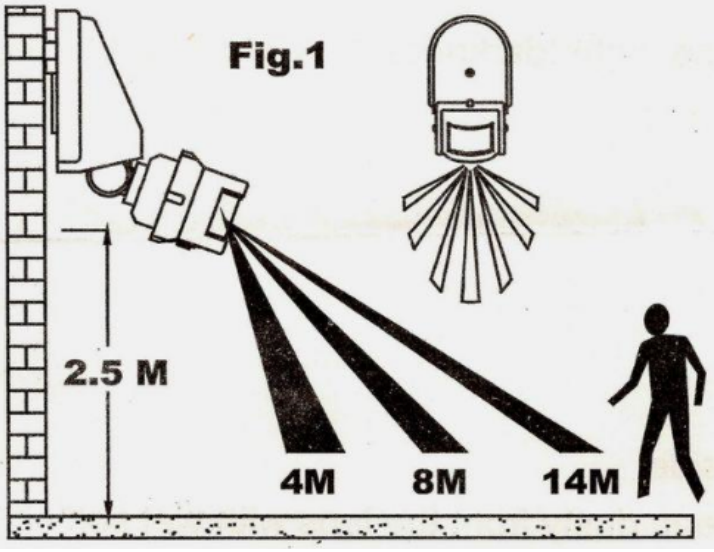
Especificar **ventanas opacas** (Ej.-celosias fijas) en las caras del edificio que miren hacia un lugar de protección especial.

Utilizar lámparas de alta eficiencia y **reducir niveles de iluminación IESNA hasta un 20%**.

©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Instalar **sensores de movimiento** para operar el encendido y apagado de luces en lugares estratégicos.



©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Instalar **bolardos "full cut off"**, solares con bombillas LED (Light Emitting Diodes)

©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Instalar **reflectores de piso** (“Ojos de Gato”) en pavimentos y reflectores de pared en lugar de lámparas o bolardos; no consumen electricidad y son más económicos.

Reflector de pavimento

Reflector de muros

Reflector de barreras

©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Diseñar los tragaluces para evitar la emisión de luz nocturna mediante la instalación de **aditamentos (toldos, cortinas, etc) opacos, interiores y operables**.

©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Preferenciar **árboles deciduos** de mucha fronda versus pinos columnares.

Usar **vidrios polarizados** que se obscurecen con la intensidad de la iluminación interior.

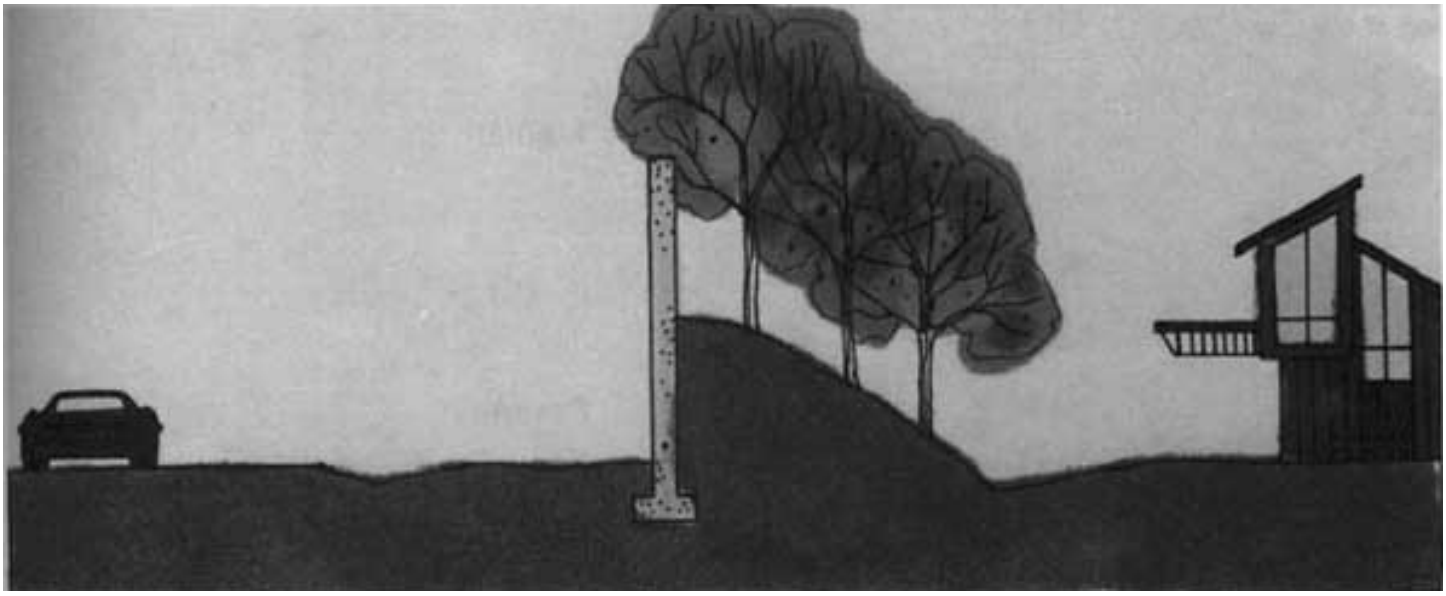
©2013 por Fernando Abruña

Estrategias de Diseño

Evitar pavimentos claros (hormigón) y obscuros (asfalto); el hormigón fomenta el rebote nocturno de la luz de postes, bolardos y otras luminarias creando “skyglow”. Para mitigar este efecto se recomienda el **uso de sistemas de confinamiento celular con vegetación** en áreas de rodaje y/o estacionamiento, (grass rings, geo blocks, grasscrete, otros)

Estrategias de Diseño

Para reducir emisiones nocturnas de paredes claras, se recomienda el uso de **bermas vegetativas** apilables contra las partes bajas de las paredes.



Limitar el desarrollo de estructuras en áreas expuestas y sin protección hacia la recursos naturales como bahías bioluminiscentes o áreas de anidar de tortugas.

©2013 por Fernando Abruña

Niveles de Iluminación

Recommended Lighting Levels for Exterior Lighting

The Illuminating Engineering Society of North America, (IESNA, or IES) in its current IES publications provides recommended illumination levels for outdoor lighting. We summarize some of these recommendations below.

It is important to note that these values are recommendations, not standards. Standards are set at the federal, state, county, or community level.

We give below a summary of the lighting illuminance levels in foot-candles, as that is the most common unit used in the United States. However, lux is the preferred international unit, and the IES does officially recommend its use in the United States. A level of ten lux is about one foot-candle (10.76 lx = 1 fc, exactly).

Roadway lighting

Road Type	Average Maintained Illuminance (fc)	Uniformity (Avg/Min)
Freeway Class A	0.6 – 0.8	3/1
Freeway Class B	0.4 – 0.6	3/1
Expressway	0.6 – 1.3	3/1
Major road	0.6 – 1.6	3/1
Collector road	0.4 – 1.1	4/1
Local road	0.3 – 0.8	6/1

Parking lots

Level of activity	Horizontal Illuminance (fc)		Uniformity (Avg/Min)
	Avg	Min	
Community shopping centers, Cultural, Civic, Recreational Events, Office Parking, Airports, Commuter Lots, Residential Complex Parking, Hospital Parking etc.	2.4	0.6	4/1
Neighborhood Shopping, Industrial Employee Parking, Educational Facilities etc.	0.8	0.2	4/1

©2013 por Fernando Abruña

Niveles de Iluminación

Light Levels at Initial Installation*

	Minimum horizontal luminance	Maximum Uniformity Ratio (max. to min.)	Maximum average luminance	Minimum vertical luminance
Paths, plazas, walkways**	0.1 foot-candle	20:1	0.5 foot-candle	0.1 foot-candle
Bicycle parking areas	0.2 foot-candle	20:1	0.5 foot-candle	0.1 foot-candle
Commercial parking areas	0.5 foot-candle	10:1	2 foot-candles	0.2 foot-candle
Industrial, office parking areas	0.2 foot-candle	10:1	1 foot-candle	0.1 foot-candle
Residential parking areas	0.1 food-candle	20:1	0.5 foot-candle	NA
Parking areas-schools	0.1 foot-candle	20.1	0.5 foot-candle	NA

Notes:

* Lighting criteria is adopted from the IESNA, 8th Edition, and Lighting Handbook.

** Excludes recreational trails and paths that are not typically used at night.

©2013 por Fernando Abruña

Fotómetro, Luxómetro

(Lightmeter, Photometer, Foot Candle Meter, Lux Meter)

©2013 por Fernando Abruña

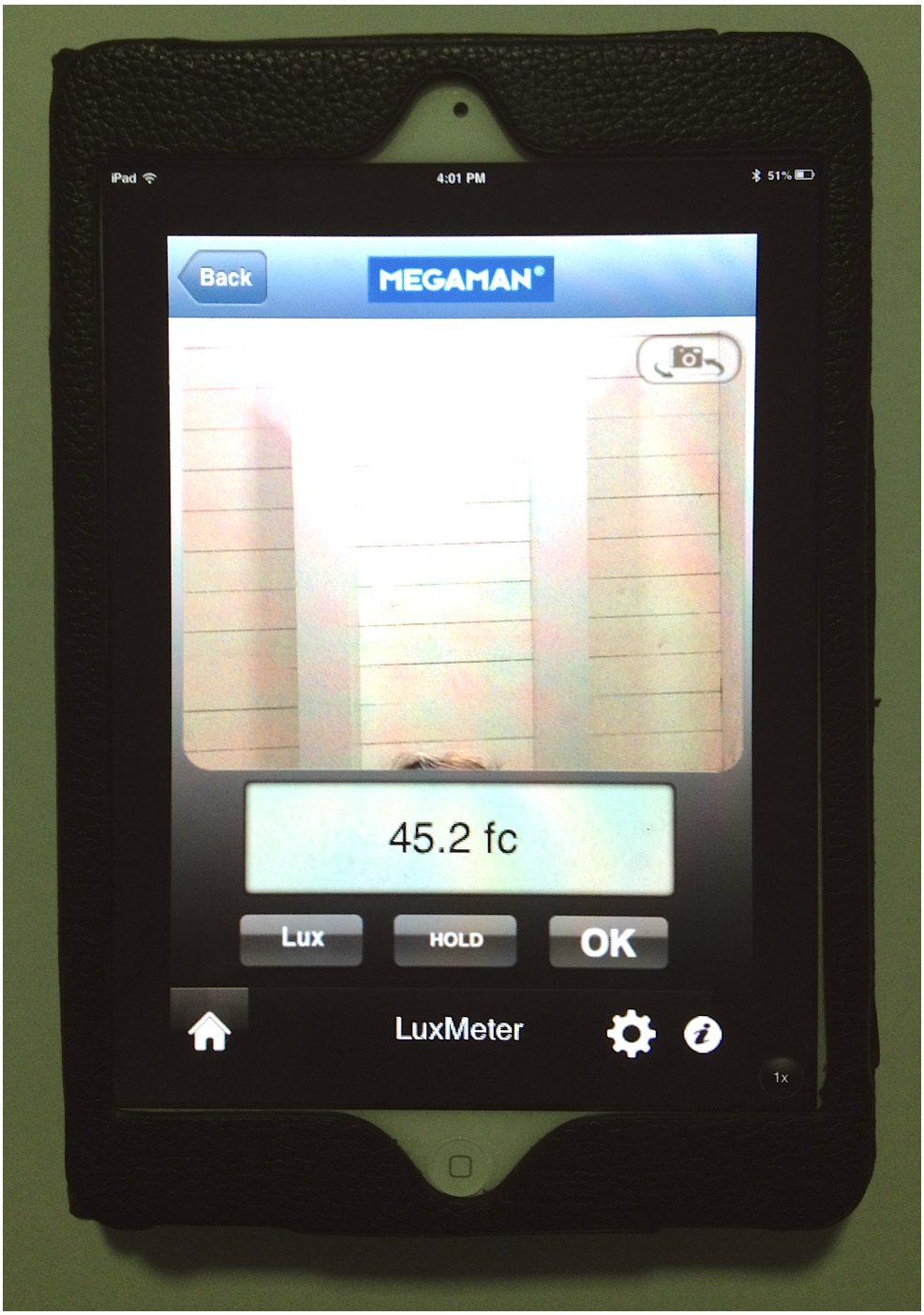
Fotómetro, Luxómetro

(Lightmeter, Photometer, Foot Candle Meter, Lux Meter)

©2013 por Fernando Abruña

Fotómetro, Luxómetro

(Megaman. Software digital para iPad)



©2013 por Fernando Abruña

La Iluminación Ideal

La iluminación ideal será emitida de aquella lámpara que me ofrezca:

1. el nivel de iluminación apropiado (FC) con…
2. la mayor cantidad de lumens/watt, que…
3. tenga la vida útil más larga (Hrs)
4. en una luminaria tipo "Full Cut Off" y que me ofrezca una…
5. buena reproducción de color,
6. que no le haga daño al ambiente y
7. encendida solo cuando sea necesario.

   …para ver las estrellas como la vieron los Tainos

©2013 por Fernando Abruña

Fin de esta presentación

Dr. Fernando Abruña, FAIA
Abruña & Musgrave, Arquitectos
107 San Sebastián, San Juan 00901

T: 787.724.0987
F: 787.724.0789
E: abrrumus@gmail.com
W: abrunaandmusgrave.com
W: usgbccaribbean.org

©2013 por Fernando Abruña