



Ministério do
Meio Ambiente



HOTEL FORTALEZA DO MAR

El objetivo de la sesión es mostrar las características principales de un proyecto de Eficiencia Energética en un edificio comercial, suponiendo el caso de un hotel de playa ubicado en la ciudad de Fortaleza, Brasil.

Se describen las razones que tienen los dueños del hotel para llevar adelante un proyecto de este tipo, y el proceso de recolección de información que realizaron los consultores para identificar y evaluar las posibles medidas de ahorro energético.

Se considerarán medidas de ahorro que tienen que ver con la mejora de la envolvente del edificio estudiado, así como con la sustitución de equipos consumidores y con la adopción de mejoras prácticas de administración de la energía.

Los datos ofrecidos permitirán a los participantes hacer un ejercicio de identificación y valoración rápida de medidas de ahorro energético en edificios comerciales, con el objetivo de priorizar aquellas medidas que presentan mejor factibilidad técnico-financiera.

Como segunda parte del ejercicio, se plantea el tema de la forma de financiar el proyecto, con la posibilidad de que una ESCO (Empresa de Servicios Energéticos, por sus siglas en inglés) se encargue de implementar y financiar el mismo, mediante un Contrato de Ahorros Compartidos con el hotel y una garantía de una facilidad denominada EEGM (Energy Efficiency Guarantee Mechanism).



Preparado por el Ing. Leonardo Ramírez L., MBA, con base en una combinación de casos reales, como base de discusión y no como ilustración de la gestión, adecuada o inadecuada, de una situación determinada.

Metodología:

Los participantes se distribuyen en grupos para responder a las siguientes preguntas:

- a) Evalúe la factibilidad económica de implementar las medidas de ahorro energético de la Tabla 2.1. del Anexo 2. Puede guiarse por medio del cálculo del PSRI (“payback simple”) para cada medida, y los datos de inversión y ahorros económicos del Anexo 1.
- b) Si se decide aceptar solo aquellas medidas que presentan un PSRI de menos de 5 años, cuáles medidas serían aceptadas? Cuál sería el monto de la inversión total (US\$), el monto del ahorro económico anual (US\$/año) y el PSRI (años) del proyecto de EE seleccionado?
- c) Suponga que el proyecto finalmente acordado entre la ESCO y el hotel presenta el flujo de caja de la Tabla 2.2. del Anexo 2. Si las empresas firman un Contrato de Ahorros Compartidos, cómo repartiría usted los ahorros (% para la ESCO, % para el hotel) ?. Para resolver esta pregunta, puede utilizar la Tabla 2.3. del Anexo 2. En ella se supone que la ESCO toma un préstamo del banco por el 80% de la inversión inicial, y financia el monto restante con sus propios recursos. Además se supone que la ESCO toma una garantía EEGM que cubre el 80% del monto del préstamo.
- d) Con base en la información que aparece en el caso, qué otras medidas de ahorro energético, aparte de las que aparecen en la Tabla 2.1., se podrían considerar en este hotel?

HOTEL FORTALEZA DO MAR

En julio de 2012, el Banco Verde Paulista (BANVEPA) estaba considerando realizar un financiamiento para un proyecto de eficiencia energética en un hotel ubicado en Playa del Futuro (Praia do Futuro), la playa más popular de Fortaleza, Brasil. Esta playa, a pesar de que se encuentra a unos pocos kilómetros del centro de la ciudad, está bien preparada para el turismo y alejada de la zona urbana, por lo que sus aguas son limpias y aptas para el nado. Tiene ocho kilómetros de arenas blancas, bañadas por un fuerte oleaje que la convierten en un lugar ideal para la práctica de deportes acuáticos como el surf y el kitesurf. Hay gran variedad de restaurantes y bares y una activa vida nocturna.

El proyecto de eficiencia energética había sido presentado a la oficina de BANVEPA en Fortaleza por el Sr. Thiago Duarte, ingeniero eléctrico propietario de una ESCO (Empresa de Servicios Energéticos- ESE, por sus siglas en inglés) llamada BraESE, acompañado del Gerente Financiero del Hotel Fortaleza do Mar, el Sr. Viera.

El Gerente de Crédito de BANVEPA Fortaleza les había solicitado un par de semanas para evaluar el proyecto, y había asignado a Bianca Furtado, Ejecutiva de Crédito, la evaluación y preparación de un Informe para el Comité de Crédito del banco. Este sería el primer proyecto de eficiencia energética que sería financiado por esta institución financiera otorgando un crédito directamente a una ESCO, en lugar de un crédito convencional a la empresa en que se implementaría el proyecto. La ESCO percibiría sus ingresos para pagar el crédito con base en un Contrato de Desempeño Energético por Ahorros Compartidos, según el cual los ahorros económicos se distribuirían entre la ESCO y el hotel. Para reducir el riesgo de invertir en el proyecto, el Sr. Duarte ofrecía al banco una garantía de una facilidad financiera denominada EEGM ("Energy Efficiency Guarantee Mechanism", que estaba respaldada por reconocidas organizaciones de desarrollo internacional.

Bianca había estado informándose muy bien sobre la situación del mercado eléctrico y las características de este tipo de proyectos y sus riesgos. Había logrado que se contratara a un asesor externo (Mendes&Mendes Ingenieros Consultores) para que revisara la Auditoría Energética que había realizado BraESE y las proyecciones de ahorros energéticos del proyecto. Además, había conversado con el Director de la organización que administraba el EEGM, quien le había confirmado su interés en participar de este proyecto y la forma en que trabajaba EEGM con las instituciones financieras.

Metodología de Identificación de Posibles Medidas de Ahorro Energético

Para la realización de la Auditoría Energética, BraESE había conformado un equipo de tres consultores: Un ingeniero electromecánico, un arquitecto y un especialista financiero, todos expertos en temas de eficiencia energética.

Desde las primeras reuniones con el personal del Hotel Fortaleza, los consultores supieron que la principal preocupación del hotel era el sistema de climatización (aire

Hotel Fortaleza do Mar

acondicionado), que era muy antiguo y presentaba fallas frecuentes, aparte de que funcionaba con un gas refrigerante (R11) que era ambientalmente nocivo porque daña la capa de ozono del planeta. Brasil había firmado un protocolo internacional para eliminar el uso de ese tipo de gases y ya la empresa que brindaba el servicio de mantenimiento del chiller (enfriador del sistema de climatización) había indicado que dentro de poco sería imposible conseguir o importar el gas.

Conforme se fue recopilando información, se realizaron entrevistas al personal del hotel, y se realizaron recorridos y cálculos técnicos, el equipo de BraESE comenzó a identificar otras oportunidades de mejora en el edificio, que deberían ser evaluadas y priorizadas teniendo en cuenta su viabilidad técnica y económica.

Datos Técnicos

Fig. 1. Ficha técnica general del Hotel Fortaleza do Mar

Ubicación	Latitud: 03° 43' S Longitud: 38° 31' W
Altura	5 msnm
Tipo de construcción	Torre de 18 pisos destinada a hotel
Año de construcción	1987
Servicios	El hotel cuenta con 308 habitaciones estándar, una Suite y una Junior Suite. Posee salas de reuniones, restaurantes y bares. Los primeros tres pisos corresponden al lobby, salas y restaurante principal. En el piso superior hay un salón de eventos. Junto a la torre principal hay otra edificación para administración, piscinas y estacionamientos.
Entorno	El hotel está ubicado frente al mar, en una zona comercial muy activa con bares y restaurantes.
Horarios de operación	El hotel funciona 365 días al año, 24 horas, los 7 días de la semana.

Fig. 2. Series climáticas para Fortaleza, Brasil

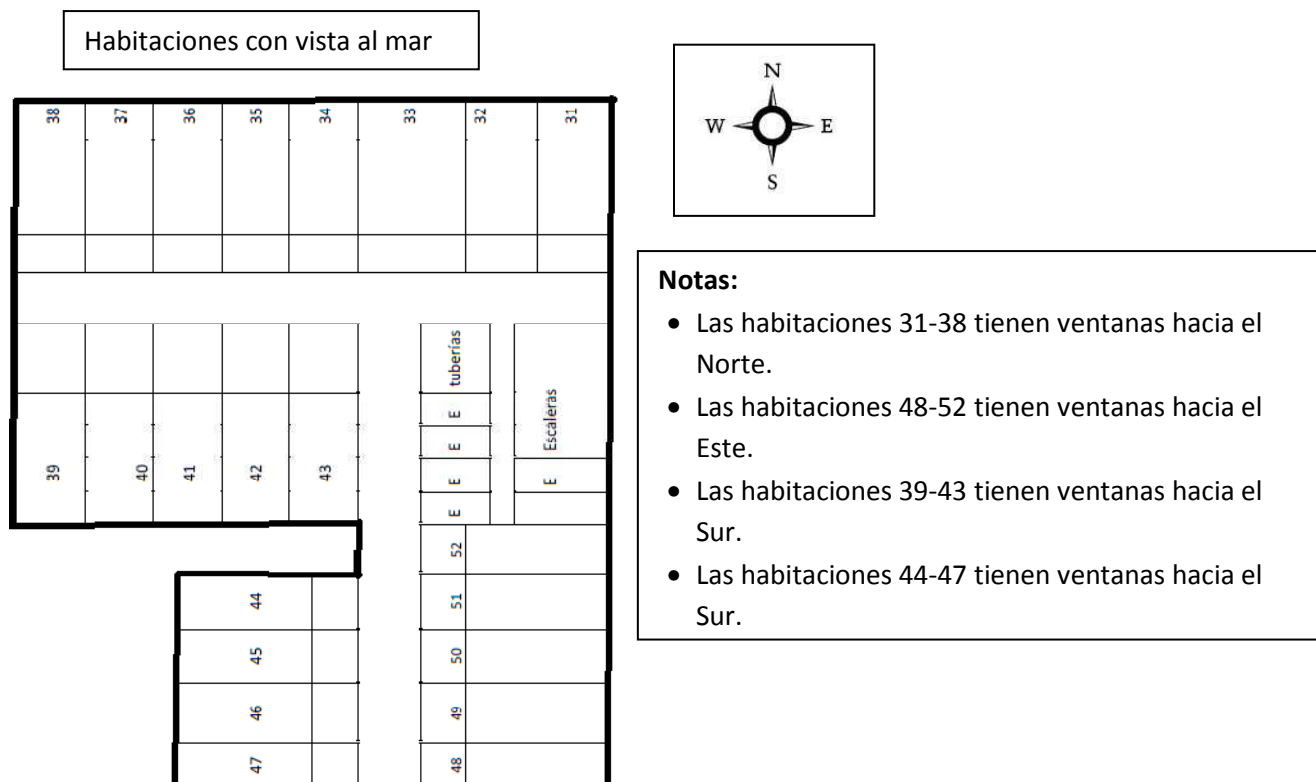
Mes	Radiación solar	Temperatura mínima	Temperatura a máxima	Temperatura a promedio	Velocidad del Viento	Humedad
	kWh/m2/día	°C	°C	°C	m/seg	%
1	5,85	26,0	31,0	28,0	6,0	77,0
2	5,44	26,0	31,0	27,0	5,0	75,0
3	4,82	25,0	30,0	27,0	5,0	78,0
4	4,80	25,0	30,0	27,0	5,0	82,0
5	5,11	25,0	30,0	27,0	5,0	78,0
6	5,34	24,0	29,0	27,0	6,0	78,0
7	5,74	24,0	30,0	26,0	6,0	75,0
8	6,34	25,0	30,0	27,0	7,0	72,0
9	6,60	25,0	30,0	27,0	7,0	72,0
10	6,62	25,0	31,0	28,0	7,0	69,0
11	6,50	26,0	31,0	28,0	7,0	70,0
12	6,16	26,0	32,0	28,0	6,0	73,0
Promedio	5,78	25,2	30,4	27,3	6,0	74,9

Hotel Fortaleza do Mar

La dirección predominante del viento en Fortaleza es de Oeste hacia Este, todo el año.

Ganancia térmica en fachadas según su orientación. Debido a que la ciudad de Fortaleza se encuentra ubicada en una latitud baja, no existe mucha diferencia entre la cantidad de radiación solar que captan las fachadas según su orientación geográfica. La torre del hotel sobresalía por encima de edificaciones de menor altura en sus costados Este y Oeste. En el lado Sur, cruzando la calle, hay otros edificios altos.

Fig. 3. Orientación y distribución típica de fachadas, ventanas, habitaciones, elevadores y pasillos en cada piso del hotel (14 pisos de habitaciones estándar)



El hotel estaba ubicado frente a la playa. Según estudios del Centro de Investigaciones de Eletrobrás (Cepel), Praia do Futuro posee uno de los mayores niveles de oxidación marina del mundo, lo cual produce un deterioro mayor de los equipos y reduce la vida útil de los mismos.

Los clientes del hotel preferían hospedarse en las habitaciones superiores, debido a que mencionaban que los pisos inferiores eran muy ruidosos, especialmente en fines de semana y durante la época de carnavales.

La azotea estaba conformada por una losa plana de concreto, situada sobre el salón de eventos del piso 18. Aparte de la torre de enfriamiento de los chillers, había mucho espacio disponible aprovechable.

ANEXO 1

RESUMEN DE ALGUNAS DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA QUE ANALIZARON LOS CONSULTORES

Balance de Energía del Edificio

Tabla 1.1. Balance de Energía del Edificio

Balance de Energía por Consumo (kWh/mes)- para un mes promedio del año			
Equipos	kWh/mes	Porcentaje	
Bombas	44.903	14.69%	<ul style="list-style-type: none"> Bombas Lavandería Televisiones Computadoras Neveras Equipos AA Refrigeración Iluminación Chillers Varias Elevadores
Lavandería	3.319	1.09%	
Televisiones	1.751	0.57%	
Computadoras	1.420	0.46%	
Neveras	9.716	3.18%	
Equipos AA	28.328	9.27%	
Refrigeración	22.157	7.25%	
Iluminación	14.292	4.68%	
Chillers	145.022	47.45%	
Varias	15.663	5.13%	
Elevadores	19.044	6.23%	
Total	305.615	100.00%	

Costo de la Energía

Según las facturas de los últimos 12 meses, el costo promedio mensual es de **US\$0,15 / kWh**.

Sistema de Climatización

El Hotel Fortaleza do Mar tiene un sistema centralizado de aire acondicionado (2 chillers, de 300 toneladas de refrigeración “TR” en total), que se utiliza para refrigerar todas las habitaciones y otros espacios del edificio. Solo unas pocas áreas del hotel eran enfriadas por equipos individuales de AA.

El chiller es un equipo enfriador de agua, que transfiere el frío por medio de un intercambiador de calor. Se coloca en el exterior del edificio. En el interior del edificio se coloca la cantidad que se desee de unidades termo-ventiladas denominadas manejadoras o “Fan-Coil”. Es usual que en un edificio grande, como un hotel, se coloque un “Fan Coil” en cada una de las habitaciones. La única conexión requerida entre los “Fan Coils” y el chiller es un circuito hidráulico común (tuberías) cerrado e impulsado por medio de bombas. Los “Fan-Coil” liberan el frío del líquido circulante al recinto que se desea enfriar, por medio de un ventilador eléctrico. El mismo puede ser regulado según las demanda de confort del usuario.

Los chillers antiguos del Hotel Fortaleza do Mar podían ser reemplazados por **dos chillers nuevos** de 150 TR cada uno. El refrigerante que utilizan es libre de clorofluorocarbonos; el HFC-134^a. Tienen dos compresores de tornillo que pueden trabajar en seis etapas (% de carga); por lo tanto, el consumo de energía se ajustará automáticamente y dependerá de la carga térmica que se tenga en cada momento. La carga térmica que tendrían se calculó con base en el porcentaje de ocupación del hotel y las variables climáticas y mediciones efectuadas. Los resultados obtenidos, incluyendo el consumo y el costo de operación esperado, se muestran seguidamente.

Tabla 1.2. Consumo y Costo de Operación de los nuevos chillers

% de carga	Número de Chillers	kW	Porcentaje del tiempo	Horas al año	Consumo de energía kWh/año	Costo de operación anual US\$
100	2	223.40	5%	438	97,849	\$14,677.38
86	2	192.12	10%	876	168,297	\$25,244.57
72	2	160.84	20%	1,752	281,792	\$42,268.75
58	2	129.58	30%	2,628	340,536	\$51,080.44
44	1	98.30	30%	2,628	258,332	\$38,749.86
30	1	67.02	5%	438	29,355	\$4,403.21
			100%	8,760	1,176,161	\$176,424.21

El costo de inversión de los nuevos chillers se estimó en US\$415,000 incluyendo costos de retiro y disposición del equipo antiguo, y la compra e instalación del equipo nuevo.

Por otra parte, en otras áreas del hotel (oficinas administrativas y salas de eventos) se tiene en operación sistemas de **AA independientes tipo Minisplit** de 1, 1.5, 2 y 3 TR. Los equipos se han comprado por comparación de precios entre los proveedores locales y se selecciona el más barato que sea de marca reconocida, sin considerar su costo de operación. Se plantea su sustitución por equipos del mismo tipo pero más eficientes. Al considerar las características térmicas de los sitios estudiados, y las horas de uso en el año, se llegó a la conclusión de que podrían ahorrar un 50% del consumo anual de los equipos de AA existentes. El costo de inversión de los equipos nuevos es de US\$57,000.

Sistema de Iluminación

Para disminuir el consumo energético, y a la vez mejorar el flujo luminoso en las áreas comunes del hotel (incluido el lobby, pasillos, etc), se propuso el reemplazo de las **lámparas fluorescentes lineales** T12 en arreglos de 1x40W y 2x40W, por lámparas fluorescentes lineales T8 en arreglos de 1x32W y 2x32W. Estas nuevas lámparas trabajan con balastros electrónicos, que consumen menos corriente. El consumo en estas áreas se reduciría en 65,454 kWh/año. El costo de inversión sería de US\$4,033 incluyendo el suministro, desmontaje y montaje.

Las habitaciones ya contaban con lámparas fluorescentes compactas (LFC) de buena calidad, que no requerían ser sustituidas, aunque se podía considerar la posibilidad de colocar LED.

Envolvente del Edificio

La ganancia térmica en las habitaciones del hotel es la suma de los siguientes efectos:

- Conducción a través de los muros (paredes), ventanas y puertas. En una habitación típica, los muros frontales son los que dan al exterior, con una ventana; y los muros traseros son los que dan a los pasillos, con una puerta de madera.
- Conducción y radiación a través del vidrio de las ventanas.
- Aporte térmico de la iluminación y de otros equipos instalados en la habitación.
- Calor generado por las personas (supone dos personas por habitación).

Los cálculos efectuados para una habitación típica del hotel mostraron que la ganancia de calor, medida en (Kcal/hr), es la siguiente.

Tabla 1.4. Ganancia de calor en una habitación típica del hotel

Tipo	Q (kcal/hr)	Participación
Conducción:		
Muro trasero	36,30	2,51%
Muro frontal	356,20	24,66%
Vidrios	132,00	9,14%
Puerta	21,60	1,50%
Subtotal	546,10	37,81%
Radiación:		
Ventana	180,00	12,46%
Subtotal	180,00	12,46%
Varios		
Equipos	371,80	25,74%
Personas	200,00	13,85%
Infiltraciones	146,32	10,13%
Subtotal	718,12	49,72%
Total	1.444,22	100,00%

Debido a la alta humedad imperante, el aire acondicionado debe conectarse aunque la habitación esté desocupada. Considerando este hecho, además de los porcentajes de ocupación históricos del hotel y las horas diarias de uso del aire acondicionado, se llegó a la conclusión de que las habitaciones representaban un 70% del consumo total (kWh/mes) de los chillers actualmente instalados (Ver Tabla 1.1.), y que los porcentajes mostrados en la Tabla 1.4 representan la distribución de dicho consumo según las cargas

térmicas mencionadas. Entonces, se identificaron las siguientes posibles acciones de mejora:

- Colocar **láminas aislantes decorativas** en los muros exteriores, que disminuirían el consumo producido por conducción de calor en el muro frontal de las habitaciones en un 50%. El costo total de esta medida sería de US\$300,000, cubriendo todos los muros exteriores del edificio, aunque podría aplicarse solo en algunos de ellos.
- Alternativamente a la medida anterior, se podría colocar únicamente **pintura elastomérica** reflejante en dichos muros, con lo que el consumo por conducción se reduciría en un 10%. El costo total de esta medida sería de US\$50,000, cubriendo todos los muros exteriores del edificio, aunque podría aplicarse solo en algunos de ellos.
- Cambio de las **ventanas de las habitaciones**, colocando doble vidrio, que permitirían reducir el ruido que entra desde la calle, así como la ganancia de calor y por lo tanto el consumo del chiller. El ahorro estimado sería de 230 kWh/año por ventana. El costo por ventana sería de US\$200/ventana.
- Alternativamente a la medida anterior, se podría colocar una **película reflectiva adhesiva** en las ventanas, que producirían un ahorro estimado de 150 kWh/año por ventana, con un costo de US\$100/ventana.

Otros Equipos que podrían ser Sustituídos

- En cada habitación del hotel hay una **nevera** (o minibar) instalada, en que se conservan varios productos que el hotel ofrece para vender a sus huéspedes. La mayoría de estas neveras habían sido instaladas 15 años atrás y funcionaban con un refrigerante (R12) que daña la capa de ozono y cuya comercialización estaba ya prohibida en Brasil. Además, muchos de ellos hacían mucho ruido al operar y presentaban infiltraciones en los sellos de las puertas, con lo cual consumían más energía. Se analizó su sustitución por equipos nuevos con el sello Procel de alta eficiencia, con lo cual el consumo (kWh/mes) bajaría un 35% con respecto a las neveras viejas. El costo de cada nevera nueva es de US\$275.
- Todos los **televisores** de las habitaciones del hotel son de tubos de rayos catódicos y tienen muchos años de estar en uso. Su eficiencia es muy baja y representa una tecnología obsoleta. Se estimó que el consumo es de 68 kWh/año por aparato, y que de ser sustituidos por televisores nuevos LCD de 32 pulgadas el consumo disminuiría a 26 kWh/año por aparato. El costo de cada TV LCD es de US\$270 por unidad.

Otras Posibles Mejoras

- Instalación de un **Sistema de Monitoreo de la Energía**. Este sistema permitiría el monitoreo de los parámetros eléctricos y de temperatura ambiente en algunas zonas del hotel para vigilar los desperdicios de energía. También permitiría

construir índices energéticos que relacionen la cantidad de huéspedes con el consumo de energía (por ejemplo, kWh/mes vs. cantidad de pernoctaciones mensuales), y su comportamiento a lo largo del año. Además, si se decide implementar el proyecto de ahorro energético por medio de un Contrato por Desempeño (es decir, con base en los ahorros energéticos reales), este equipo será necesario para medir el consumo antes y después de implementar el proyecto, así como los ahorros reales a los largo del tiempo, transmitiendo la información por medio de Internet. Este sistema tiene un costo de US\$20,000 ya instalado, incluyendo los equipos y el software.

ANEXO 2

TABLAS PARA RESOLVER EL EJERCICIO

Tabla 2.1. PSRI de las posibles medidas de ahorro

	Oportunidad	Ahorro en consumo de energía, kWh/año	Ahorro Económico	Inversión	PSRI
			(US\$/año)	(US\$)	años
1	Reemplazo de los chillers				
2	Reemplazo de los minisplits				
3	Reemplazo de las lámparas lineales				
4	Láminas aislantes en muros exteriores				
4.1.	Pintura elastomérica en muros exteriores				
5	Reemplazo de ventanas en habita.				
5.1	Película reflectiva en ventanas de habita.				
6	Reemplazo de neveras en habitaciones				
7	Reemplazo de TVs en habitaciones				
8	Sistema de Monitoreo de Energía				
	TOTAL				

Tabla 2.2. Flujo de Caja del Proyecto Seleccionado

Flujo de Caja del Proyecto de EE (US\$)								
Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Inversión inicial	-526.833					-24.033		
Ahorros		126.859	126.859	126.859	126.859	126.859	126.859	126.859
Valor residual		0	0	0	0	0	0	275.393
Flujo de Caja del Proyecto	-526.833	126.859	126.859	126.859	126.859	102.826	126.859	402.252
		WACC	TIR	19,86%				
	Tasa Desc.	6,88%	VAN	\$ 315.338				

Tabla 2.3. Participación en los ahorros para la ESCO

Flujo de Caja para la ESCO US\$								
Participación % de ESCO en los ahorros								
Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Inversión en el Proyecto	-526.833					-24.033		
Ahorros para la ESCO								
Gastos de Formalización (Banco y EEGM)	-14.330							
Comisión anual EEGM		-5.058	-4.496	-3.888	-3.229	-2.516	-1.743	-906
Desembolso del Préstamo	421.466							
Cuota Nivelada del Préstamo		-78.829	-78.829	-78.829	-78.829	-78.829	-78.829	-78.829
Flujo de Caja para la ESCO	-119.696							
			TIR					

(*) Las líneas a completar en el cuadro anterior son las que están en negrita.