



Proyecto Final de Ingeniería Industrial

**Optimización energética de una escuela representativa
de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires**

Autores:

Carmona, Santiago Leonardo

49043

Menazzi, Guido

50670

Docente guía:

Codesal, María Daniela

Julio 2014

Agradecimientos

A nuestras familias y amigos que tanta motivación y apoyo nos dieron a lo largo de la carrera y del presente trabajo, a Álvaro Casalins que, mostrando interés en el proyecto, nos facilitó el contacto del Ingeniero Ricardo Stuppia con quien tuvimos una entrevista y nos abrió la posibilidad de acceder a las escuelas, al arquitecto Diego Magri que nos acompañó durante la visita al Polo de Saavedra y nos brindó información de interés para el presente trabajo, al arquitecto Daniel Pereyra que nos facilitó el acceso a la escuela Van Gelderen, a su directora Sandra Barquen que amablemente nos recibió en la misma y nos permitió recorrerla junto a su auxiliar y a nuestra docente guía, Daniela Codesal, que fue una ayuda para realizar este proyecto final de carrera.

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo consiste en optimizar energéticamente una escuela de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para ello se seleccionó una escuela que sea representativa de un alto porcentaje de la población total, basándose en: la antigüedad del edificio, su diseño y las instalaciones actuales. La escuela seleccionada fue: Escuela Primaria N° 26 - Adolfo Van Gelderen.

Elaborado el análisis sobre la situación actual de la escuela, se hallaron soluciones para las problemáticas energéticas. Las mismas se basaron fundamentalmente en un caso de éxito de una escuela “verde” de la Ciudad de Buenos Aires, la Escuela Media Técnica N° 36 “Alte. Guillermo Brown” del Polo Educativo Saavedra.

Este estudio se realizó diferenciando tres alternativas posibles:

- Escenario A: se aplican el total de las mejoras propuestas.
- Escenario B: no se aplica la mejora propuesta de la cubierta verde.
- Escenario C: solamente se aplican las mejoras de “fácil instalación¹”.

Se realizó un análisis de factibilidad económica para evaluar la aplicación de las innovaciones sugeridas, obteniendo un VAN positivo en los tres escenarios. Se determinó que es técnicamente factible su realización, mientras que la puesta en marcha puede realizarse durante los meses de verano, período en el cual los alumnos se encuentran de vacaciones.

Se analizó también la escalabilidad del proyecto, aplicando las mejoras a las 38 escuelas construidas del plan. En términos de huella de carbono, se obtuvo como resultado que se podría eliminar la emisión de 5.300 toneladas anuales de CO₂.

¹ Iluminación interior y exterior, reemplazo de computadoras, temporizador de apagado, molinos de viento, paneles solares.

Abstract

This project is about optimizing energetically a typical school of the City of Buenos Aires. The selected school is named “Escuela Primaria N° 26 - Adolfo Van Gelderen”.

In order to get ideas to put into practice, another green school, called “Escuela Media Técnica N° 36 Alte. Guillermo Brown” was visited. Information related to energy was gathered and 3 different scenarios were proposed for the first school:

- Scenario A: all the improvements are considered.
- Scenario B: every aspect is considered but the green roof.
- Scenario C: only the “easy to install” items are executed.

For each scenario, an economic and financial analysis was made, resulting positive in the three cases. Also, technically speaking, the outcome is that the project is feasible. It can be perfectly done throughout the summer holidays while students aren’t attending the school.

Considering there are 38 schools that have many aspects in common with the one studied, this plan could be developed along the entire city. In terms of CO₂ emissions, 5300 tonnes annually could be reduced if this scope is taken into consideration.

Índice

1.	Introducción	11
1.1	Datos históricos y crisis energética	11
1.1.1	Crisis históricas relevantes.....	11
1.2	Pico de Hubbert.....	13
1.3	Arquitectura sustentable.....	14
1.3.1.1	Cubierta ajardinada.....	14
1.3.1.2	Aprovechamiento del agua de lluvia	15
1.3.1.3	Instalación de colectores solares	17
1.3.1.4	Incorporación de ventanas de doble vidriado	18
1.3.1.5	Elementos aislantes	20
1.3.1.6	Energía geotermal.....	21
1.3.1.7	Cocina solar	22
1.3.1.8	Iluminación.....	22
1.3.1.9	Compostaje	23
1.3.1.10	Elementos activos	24
1.3.1.11	Sensores para medir el consumo	25
1.4	Clima en la Ciudad de Buenos Aires	26
1.5	Casos exitosos de implementación en instituciones educativas.....	28
1.5.1	Programa de Escuelas Verdes de la Ciudad de Buenos Aires	31
1.5.1.1	Resultados del programa al 2014	31
2.	Análisis de un caso de escuela verde en la Ciudad.....	33
2.1	Escuela Media Técnica N° 36 “Alte. Guillermo Brown”. Polo Educativo Saavedra.....	33
2.1.1	Ubicación geográfica	34
2.1.2	Puntos Relevantes	36
2.1.2.1	Iluminación Interior.....	36
2.1.2.2	Iluminación Exterior.....	37
2.1.2.3	Vidriado.....	38
2.1.2.4	Marcos	40
2.1.2.5	Paredes.....	41
2.1.2.6	Terraza.....	41

2.1.2.7	Calefacción	42
2.1.2.8	Refrigeración	47
2.1.2.9	Cocina.....	47
2.1.2.10	Laboratorios.....	48
2.1.2.11	Sensores de apagado automático	49
2.1.2.12	Reciclado	49
2.1.2.13	Terrazas verdes	49
2.1.2.14	Otras cuestiones a mencionar	50
3.	Análisis de la escuela a optimizar.....	52
3.1	Escuela Primaria N° 26 - Adolfo Van Gelderen	52
3.1.1	Layout	53
3.1.1.1	Planta Baja.....	53
3.1.1.2	Primer Piso	54
3.1.1.3	Segundo Piso	54
3.1.2	Puntos Relevantes	55
3.1.2.1	Iluminación Interior.....	55
3.1.2.2	Iluminación Exterior.....	56
3.1.2.3	Vidriado.....	57
3.1.2.4	Marcos	57
3.1.2.5	Paredes.....	57
3.1.2.6	Calefacción	58
3.1.2.7	Refrigeración	60
3.1.2.8	Agua	61
3.1.2.9	Cocina.....	61
3.1.2.10	Artefactos	61
3.1.2.11	Sensores de apagado automático	61
3.1.2.12	Riego.....	62
3.1.2.13	Reciclado	62
3.1.2.14	Otros puntos a considerar	62
4.	Mejoras Propuestas	64
4.1.1	Iluminación Interna.....	64
4.1.2	Vidrios	64

4.1.3	Calefacción	65
4.1.4	Sensores de Apagado	65
4.1.5	Terraza	65
4.1.6	Cuidado del agua	66
4.1.7	Sinergia	66
5.	Estudio técnico de mejoras	68
5.1	Iluminación Interior	68
5.2	Iluminación Exterior	70
5.3	Calefacción.....	71
5.3.1	Bombas de Calor.....	71
5.3.2	Quemadores	73
5.3.3	Colector Solar	74
5.4	Terraza.....	75
5.5	Paneles Solares.....	76
5.6	Molinos de Viento.....	77
5.7	Cubierta Verde	78
5.8	Cobertura del edificio.....	80
5.8.1	Paredes	80
5.8.2	Vidriado	82
5.9	Temporizadores de apagado.....	84
5.10	Cuidado del agua	85
5.11	Computadoras.....	88
6.	Instalación de equipamiento	89
6.1	Iluminación	89
6.2	Calefacción.....	90
6.3	Terraza.....	91
6.4	Cubierta Verde	91
6.5	Cobertura del edificio.....	96
6.5.1	Paredes	96
6.5.2	Vidriado	97
6.6	Temporizadores de apagado.....	97
6.7	Cuidado del agua.....	98

6.8	Computadoras	99
6.9	Diagrama de Gantt	99
6.9.1	Iluminación	100
6.9.2	Calefacción	100
6.9.3	Cubierta Verde	101
6.9.4	Cobertura del edificio	101
6.9.5	Temporizador de apagado.....	102
6.9.6	Cuidado del agua	102
6.9.7	Computadoras	103
6.9.8	Diagrama completo.....	104
7.	Certificación LEED	105
8.	Factibilidad económica-financiera.....	107
8.1	Variables macroeconómicas.....	107
8.1.1	Inflación	108
8.1.2	Tasa de cambio	109
8.2	Inversión y costos.....	110
8.2.1	Inversión	110
8.2.2	Ahorro de mantenimiento	112
8.2.3	Ahorro de consumo.....	114
8.3	Endeudamiento.....	117
8.3.1	Créditos no renovables.....	117
8.3.2	CAPM	119
8.3.2.1	Tasa libre de riesgo.....	120
8.3.2.2	Riesgo de mercado	120
8.3.2.3	Beta.....	120
8.3.2.4	Riesgo país.....	120
8.3.3	WACC	121
8.4	Flujo de fondos.....	121
8.4.1	Escenario A	123
8.4.2	Escenario B	123
8.4.3	Escenario C	124
8.5	Resultados	125

9.	Huella de carbono	127
9.1	Escenario A	127
9.2	Escenario B	128
9.3	Escenario C	128
9.4	Punto de referencia.....	129
9.4.1	Escenario A	129
9.4.2	Escenario B	130
9.4.3	Escenario C	130
10.	Escalabilidad	131
11.	Conclusiones y recomendaciones	133
12.	Anexo.....	135
12.1	Software.....	135
12.1.1	Copias de pantalla de RETScreen.....	135
12.1.1.1	Iluminación Interior	135
12.1.1.2	Iluminación Exterior.....	136
12.1.1.3	Calefacción	136
12.1.1.4	Cobertura del edificio	137
12.1.1.5	Vidriado.....	138
12.1.1.6	Computadoras.....	138
12.2	Datos técnicos.....	138
12.2.1	Temporizador de apagado.....	138
12.2.2	Cuidado del agua	140
12.2.3	Computadoras	141
12.3	Flujo de fondos	142
12.3.1	Escenario A	142
12.3.2	Escenario B	143
12.3.3	Escenario C	144
12.4	Huella de carbono.....	145
12.4.1	Escenario A	145
12.4.2	Escenario C	145
12.5	Punto de referencia	146
12.5.1	Escenario A	146

12.5.2	Escenario C	147
12.6	Certificación LEED	147
12.6.1	Datos de referencia	148
12.6.2	Checklist	154
13.	Bibliografía	160
13.1	Iluminación	162
13.2	Calefacción	162
13.3	Cubierta Verde.....	162
13.4	Paredes.....	163
13.5	Vidriado	164
13.6	Sensores de apagado.....	164
13.7	Cuidado del agua	164
13.8	Computadoras	165
13.9	Bonos de carbono	165
13.10	Certificación LEED	165
13.11	CAPM.....	165

1. Introducción

1.1 Datos históricos y crisis energética

Es vital tomar consciencia de la necesidad de hacer un uso eficiente de la energía y evitar el derroche de la misma. De esta manera, se tendrá presente el concepto de sustentabilidad que abarca la esfera económica, ecológica y social.

Existe una tendencia creciente en el precio de la energía en general, tanto del petróleo como de la electricidad. La crisis energética repercute en el resto de la economía al ser la sociedad moderna tan dependiente de la energía. Los costos en las industrias manufactureras se ven afectados, así como los del transporte al utilizar derivados del petróleo.

Como consecuencia de la crisis del petróleo de 1973, en 1974 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), crea la Agencia Internacional de Energía o AIE, inicialmente con el objetivo de que los países consumidores de crudo coordinaran las medidas necesarias para asegurar el abastecimiento del petróleo. Hoy, debido al panorama distinto a ese año, el objetivo de la AIE se centra en promover la seguridad energética (energía confiable, adquirible y limpia), desarrollo económico y la protección del medio ambiente.

1.1.1 Crisis históricas relevantes

- Crisis del petróleo de 1973 - Motivo: un embargo de la exportación de petróleo de la OPEP por muchos de los mayores países productores árabes, en respuesta al apoyo occidental a Israel.
- Crisis de la energía de 1979 - Motivo: la revolución iraní.
- El disparo en el precio del petróleo de 1990 – Motivo: la Guerra del Golfo
- Crisis eléctrica de California - Motivo: fallo en la desregulación y corrupción de negocios de Enron.
- Protesta de combustible en el Reino Unido (de 2000) - Motivo: subida del precio del crudo de petróleo combinado con la ya alta imposición en el combustible para automoción en el Reino Unido.
- Invasión de Irak de 2003

A continuación se presenta un gráfico para ver la tendencia histórica del consumo de los distintos tipos de energía en Estados Unidos:

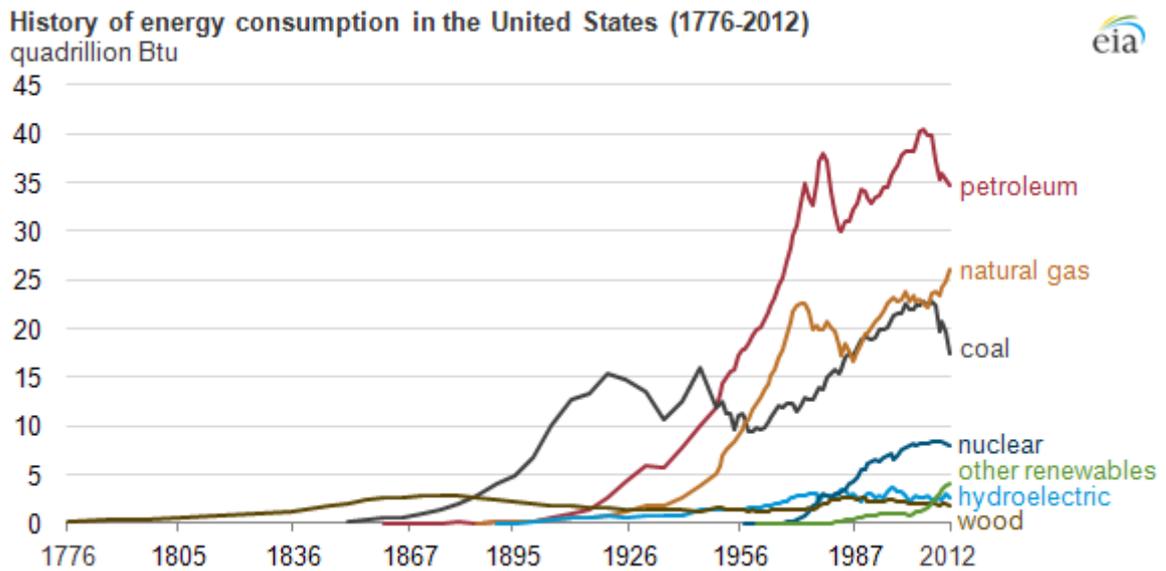


Figura 1-1: Tendencia histórica en el consumo de distintos tipos de energía.

Este gráfico pertenece a la U.S. Energy Information Administration y se puede ver cómo empiezan a tomar fuerza en el último tiempo las energías renovables.

Por otro lado, se puede apreciar otro gráfico que es contundente en cuanto la problemática energética:

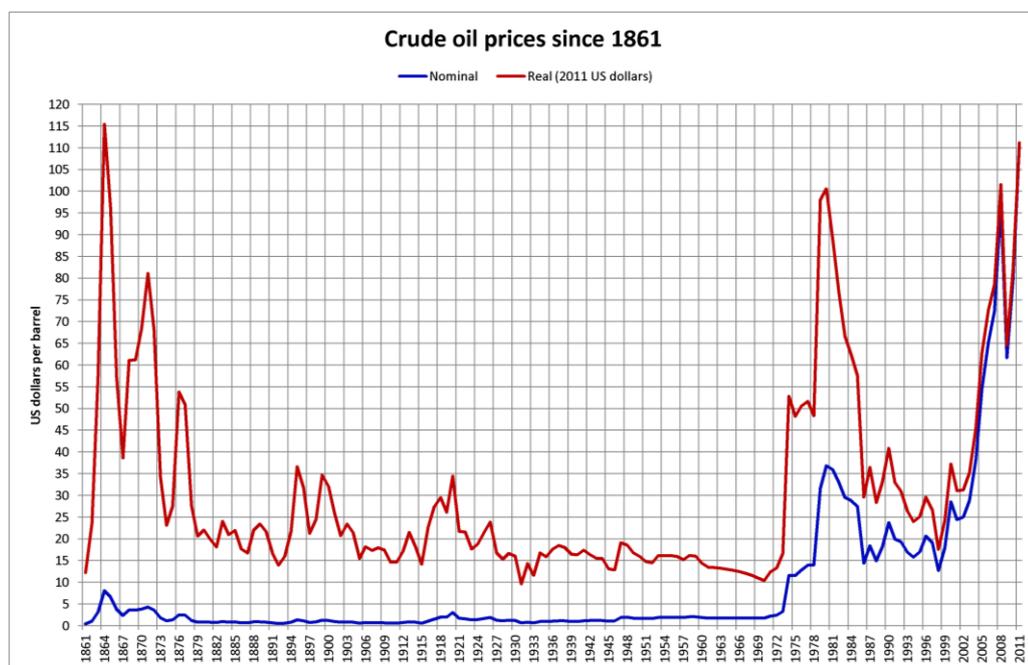


Figura 1-2: Precios históricos del crudo.

Se ve una tendencia creciente del precio del petróleo y, debido a que las reservas son cada vez menores, nada indicaría que esta tendencia se revierta. Esta tendencia creciente se explica por la falta de reservas de petróleo; el mercado al no poder cumplir con la oferta, el precio aumenta.

1.2 Pico de Hubbert

Ahora se verá, finalmente, lo que se conoció como Pico de Hubbert. Se estableció que la producción de petróleo llegará a su cenit y luego decrecerá la misma con la misma velocidad con la que creció. Esta curva de evolución gaussiana fue predicha por King Hubbert en 1956. Se ve una imagen de dicha curva a continuación:

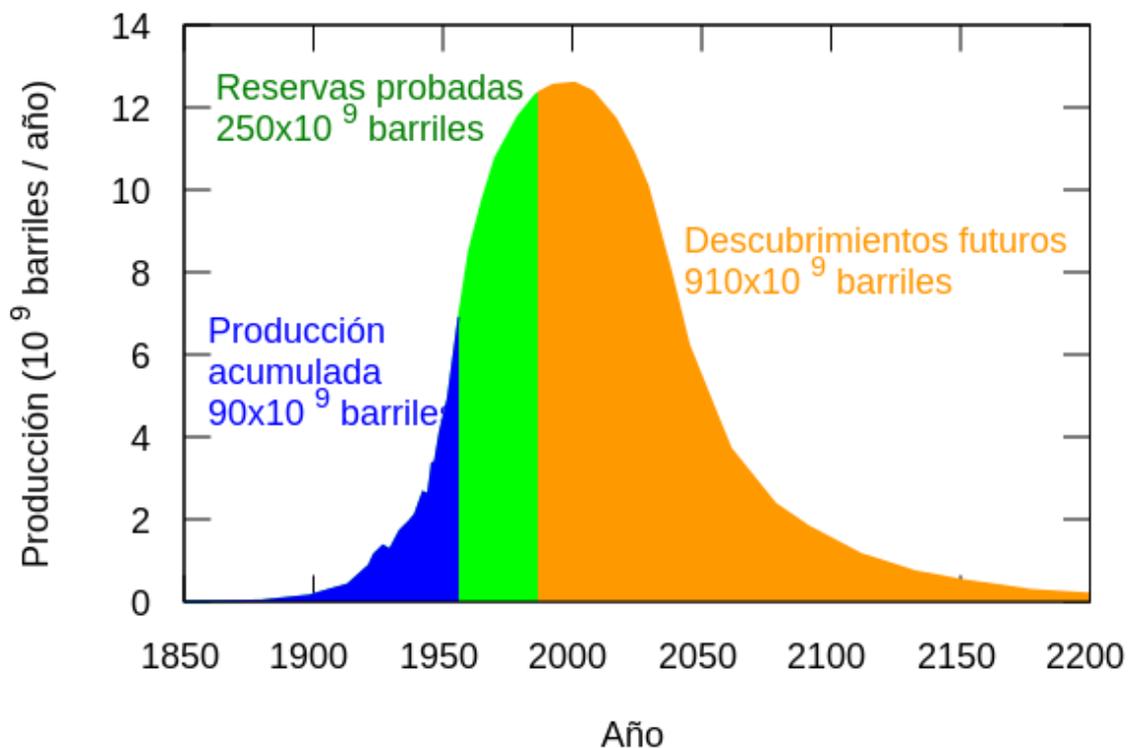


Figura 1-3: Pico de Hubbert.

Ante todos estos datos relevantes que se presentaron previamente, el escenario que se le plantea necesariamente a la humanidad a futuro es tener una mirada más sustentable y menos dependiente del petróleo. La tendencia actual indica que se está impulsando todo tipo de energías renovables para atacar este problema, como se mencionó. En línea con este concepto, fue que se decidió tomar como base el concepto de sustentabilidad del presente proyecto.

1.3 Arquitectura sustentable

A continuación se detallaran distintos aspectos a considerar al pensar en arquitectura sustentable, hay muchos conceptos que se tratan que pueden ser trasladados a una escuela. Algunas ideas para aplicar de manera alineada con la propuesta de optimización energética de la escuela se discutirán a continuación. También, se analizarán casos exitosos de implementación en instituciones educativas.

1.3.1.1 Cubierta ajardinada

Cuando se piensa en cubiertas vegetales, hay que tener en cuenta que se requieren una serie de capas a implementar antes de colocar la tierra (o solución hidropónica) y plantas. Esto sirve como membranas impermeabilizantes, estructurales y otras que se detallan en la figura 4. La cubierta vegetal sirve como aislante térmico y acústico, además de depurar el aire. Generalmente, estos sistemas se encuentran constituidos de un soporte estructural, alimentado por un sistema de riego controlado. Las plantas pueden ubicarse sobre tierra o en el caso de que se trate de una pared pueden ir sobre un soporte hidropónico que no necesita tierra y está diseñado de tal forma que la humedad no afecta a la pared en la que está apoyado. En función de las especies vegetales utilizadas, la pared vegetal puede tardar entre 6 a 8 meses en tener su aspecto óptimo. La figura 5 muestra el caso de una pared vegetal:

Esquema de cubierta ajardinada

1. Manto vegetal
2. Sustrato vegetal
3. Membrana drenante
4. Aislante
5. Geotextil de protección
6. Membrana de cubierta
7. Soporte estructural

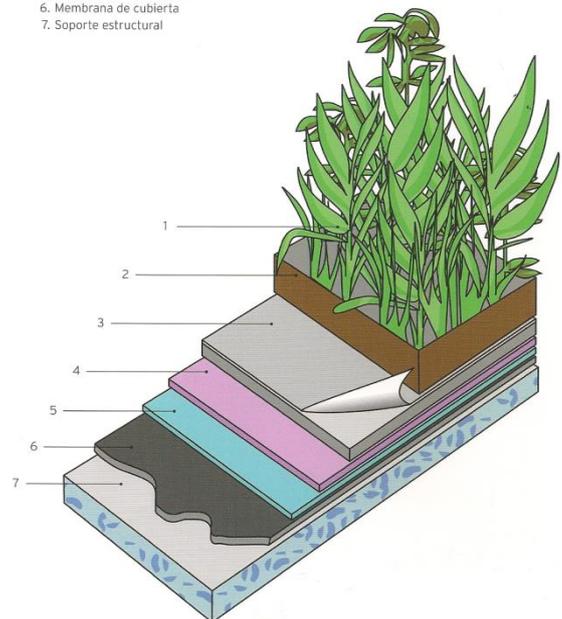


Figura 1-4: Capas de la cubierta vegetal.

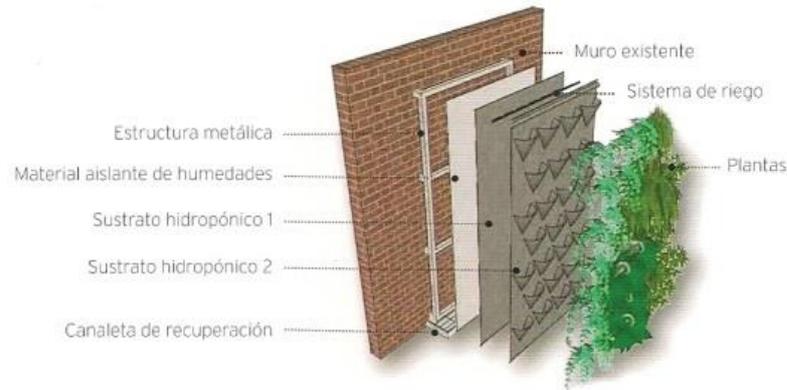


Figura 1-5: Pared vegetal.

1.3.1.2 Aprovechamiento del agua de lluvia

El agua potable está garantizada sólo para un 67% de la población mundial y un 20% ni siquiera tiene acceso a este recurso. Sin embargo, el aprovechamiento de tan preciado y vital recurso no se contempla en algunas normativas de edificación, ni siquiera en países donde este recurso escasea. Lo ideal sería proyectar estos sistemas en la fase de diseño de implementación, pero se pueden aplicar mejoras con una construcción en marcha. Se estima que el ahorro del agua puede ser del 30 al 45% y que el período de retorno, de 10 a 15 años, en función del precio del agua. El agua proveniente de la lluvia se puede utilizar para cargar las mochilas de los inodoros y para regar un eventual jardín. En la figura 6 se ilustra el sistema utilizado.

Sistema de recogida de aguas pluviales

1. Tanque
2. Cubierta telescópica con tapa de PE transitable
3. Dispositivo de filtración
4. Dispositivo de bombeo

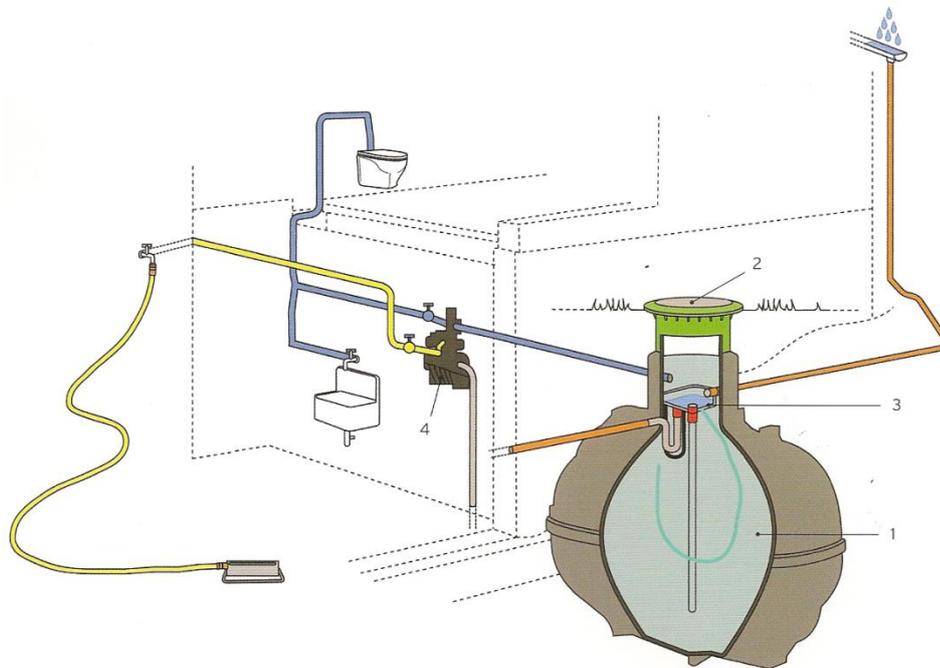


Figura 1-6: Sistema de recolección de aguas pluviales.

Otra manera de ahorrar agua consiste en implementar un artefacto innovador creado por el australiano Ian Alexander, que se trata de una pileta de cocina o de baño desmontable que puede utilizarse para regar plantas o para cargar las mochilas de los inodoros. Las figuras 7 y 8 muestran dicho invento.



Figura 1-7: Invención de Ian Alexander.



Figura 1-8: Aprovechamiento del agua

1.3.1.3 Instalación de colectores solares

La energía solar térmica se utiliza desde los años setenta y consiste en el aprovechamiento de la energía solar para la obtención de agua caliente. Las placas (denominadas colectores) concentran y acumulan el calor del sol y lo transmiten al fluido que se quiere calentar. En general, su instalación está regulada por normativas técnicas de edificación de cada país como ordenanzas municipales. La mayoría son planos y tienen aislamiento en el fondo y en los costados. Los tubos por los que circula el fluido se encuentran soldados a una plancha metálica. El modelo de la empresa Chromagen de la figura 9 contiene un almacenamiento de 300 litros (conserva caliente el agua entre 1 y 4 días), el intercambiador de calor es de doble envolvente y se instala sobre un soporte modular de acero protegido contra la corrosión (galvanizado). Se pueden ver más imágenes alusivas en la figura 10.



Figura 1-9: Colector solar.

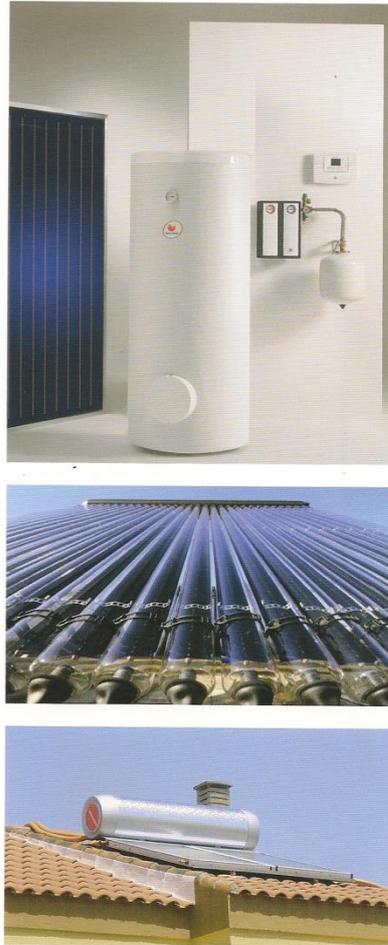


Figura 1-10: Detalle del colector solar.

1.3.1.4 Incorporación de ventanas de doble vidriado

Las ventanas de estas características son importantes para tanto el aislamiento térmico como acústico. La rotura de puentes térmicos es otro punto importante a tratar. Los puentes térmicos son lugares por donde el calor se transmite más fácilmente. Puede ser por un material con menor conductividad térmica (por ejemplo aluminio), un espesor menor o por un tema geométrico (bordes, esquinas). Si se intercala un mal conductor o aislante en un puente térmico se rompe el mismo (deseable). La figura 11 y 12 muestra como se ve un muro mediante la técnica de infrarrojo y se pueden apreciar los puentes térmicos que allí existen. Si no se pueden eliminar, estos deberían ser reducidos lo más posible.



Figura 1-11: Imagen térmica.



Figura 1-12: Puentes térmicos.

La figura 13 que se aprecia a continuación muestra en qué proporción se dan las pérdidas de una sala.

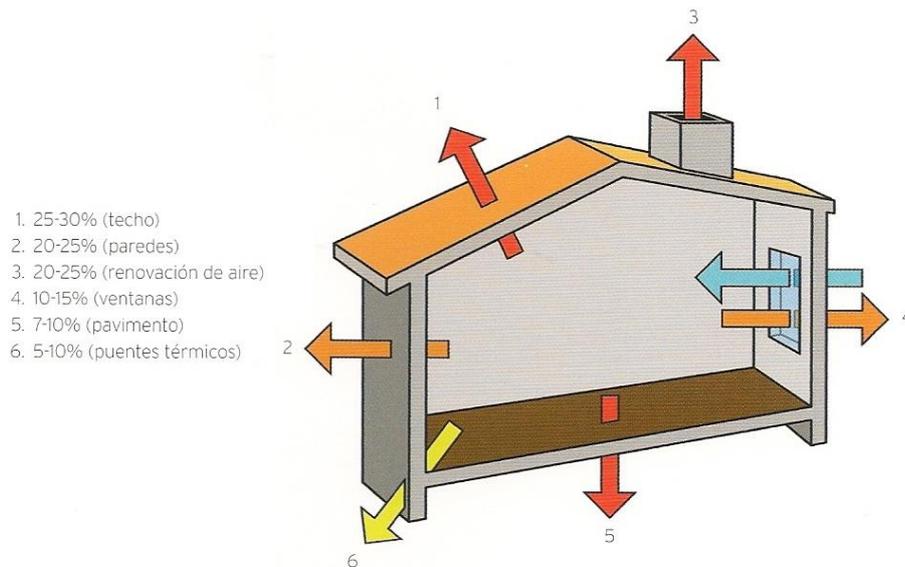


Figura 1-13: Pérdidas en una sala.

Una ventana de doble vidrio aislante con la descripción de sus partes componentes se ve en la figura 14.

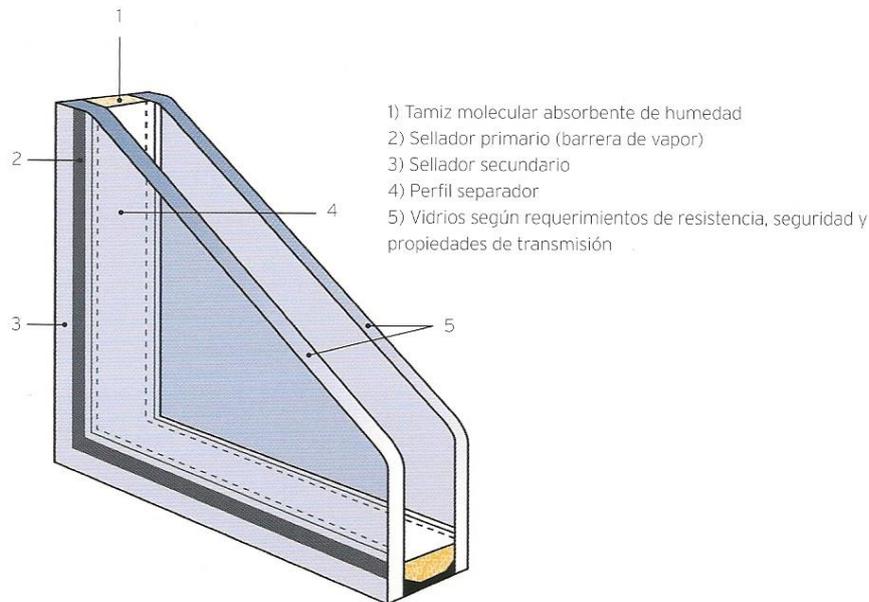


Figura 1-14: Ventana de doble vidriado.

Por otro lado, la calidad del vidrio influye en la proporción de radiación solar que se transmite y se refleja. Los vidrios de baja emisión térmica (Low-E) son ideales para climas cálidos porque reflejan más comparado con otros vidrios (dejando pasar la luz).

1.3.1.5 Elementos aislantes

En línea con el concepto sustentable, al elegir un aislamiento para los muros, se debería elegir un aislante de carácter natural y biodegradable, que a su vez regule el confort térmico e hídrico. Los más aconsejables son el corcho, cáñamo, fibra de coco, barro, paja, cal, papel reciclado, lana natural, fibra de madera, entre otros. Es conveniente un coeficiente K (conductividad térmica) bajo para un aislamiento bueno. El corcho se comercializa de diferentes formas, en general como corcho prensado, formando una plancha. El mismo se obtiene de la corteza de los alcornoques y posee un coeficiente $K=0,045 \text{ W/(mK)}$ (Watt por metro Kelvin). El cáñamo es una fibra vegetal de crecimiento rápido y fácil cultivo con un coeficiente de 0,041. La lana de oveja mejora su capacidad de aislamiento cuando se humedece. Posee un coeficiente de 0,04. Estos aislantes, como también la fibra de madera, tienen conductividades parecidas. Y si bien hay materiales sintéticos (como el poliestireno expandido, poliuretano, lana de vidrio o de roca) con estos valores de coeficiente, es conveniente evitarlos por requerirse mayor energía para su elaboración y por ser más contaminantes (difícil degradación). En las figuras 15, 16 y 17 se ven distintos materiales aislantes.



Figura 1-17: Cañamo.



Figura 1-16: Lana de oveja.



Figura 1-15: Corcho.

1.3.1.6 Energía geotermal

Si bien no hay una zona con actividad volcánica cerca, se puede aprovechar el calor interno de la Tierra. A partir de cierta profundidad, la temperatura del suelo es constante (unos 15°C para estas latitudes), por lo que sirve de refrigeración en verano y de calefacción en invierno mediante el uso de un intercambiador de calor. Hay de dos tipos: vertical y horizontal. Por tratarse de una zona urbana, es recomendable utilizar la instalación vertical en donde se llega hasta los 100 metros de profundidad. Este sistema se puede acoplar a un suelo radiante, convector de aire o radiador convencional. La figura 18 muestra el sistema explicado.

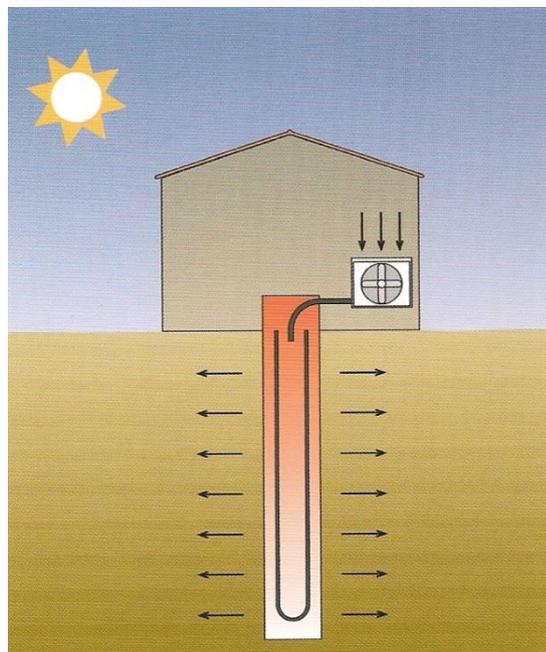


Figura 1-18: Obtención de energía geotermal.

1.3.1.7 Cocina solar

Este sistema es ideal para ser instalado en un balcón o en un patio con buena luz solar. La luz solar colimada que incide sobre la cocina parabólica se concentra en un punto (el foco de la parábola), calentando dicho lugar en donde se ubica lo que se desea cocinar. Genera una energía calorífica similar a la de una vitrocerámica de 600 W, en función del tamaño. Tiene una vida útil de unos 20 años, pesa unos 10 kilos y, a modo de ejemplo, calienta una cafetera para 6 personas en tan sólo 10 minutos. La figura 19 muestra cómo es la cocina.



Figura 1-19: Cocina solar.

1.3.1.8 Iluminación

Otro punto importante a tener en cuenta es el tema de la iluminación. Existen dos estrategias para encarar un ahorro energético: la pasiva (intenta maximizar las bondades que proporciona la naturaleza y usarlas a favor) y la activa (en donde por medio de artefactos se intenta mantener o reestablecer el equilibrio, el confort térmico o la luz). Para aprovechar la luz solar, lo ideal es implementar grandes ventanales y claraboyas. En el diseño de una construcción nueva se puede maximizar este beneficio orientando óptimamente hacia el sol la construcción. El denominado tubo solar sirve para redirigir la luz allí donde nos interesa. Se instalan en la cubierta mediante un ojo de buey, y a través de un tubo reflectante y articulado, llegan al techo de las aulas que se quieren iluminar. Un tubo solar se ve en la figura 20.

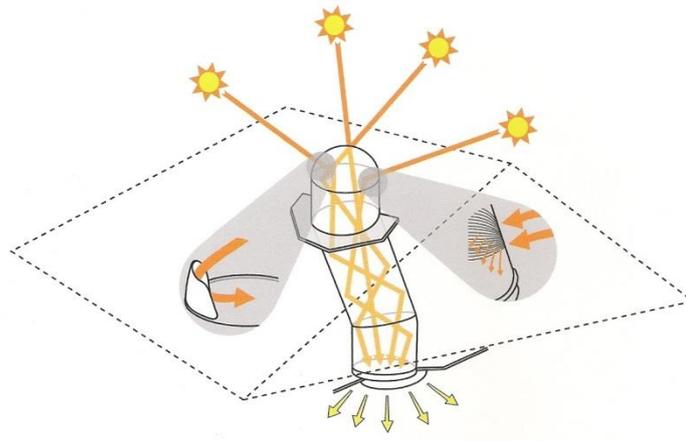


Figura 1-20: Iluminación natural.

Pasando a los elementos activos, en las escuelas normalmente hay tubos fluorescentes de bajo consumo, y si bien los mismos consumen poco, las luces LED son todavía mejores en este sentido. Los modelos LED tienen una vida útil de 25 años y suponen un ahorro de energía del 80% con respecto a las bombillas incandescentes. Osram es una de las empresas que comercializa estos productos que se ven en la figura 21.



Figura 1-21: Modelos LED.

1.3.1.9 Compostaje

Una técnica interesante para adoptar y de esta manera disminuir la generación de residuos urbanos es el compostaje. Hay una descomposición aeróbica de los restos de comida y del jardín que se transforma en un buen fertilizante para las plantas. Con este proceso se retorna a la tierra lo que ella nos brindó, cerrando el ciclo natural. La aireación es importante debido a que se trata de un proceso aeróbico y que de otra manera se pudriría. Se pueden implementar lombrices (vermicompostaje), donde se

obtiene un humus de mejor calidad y más rápido. El abono se puede obtener para mejorar la tierra del patio o jardín escolar (si tiene) o se lo pueden llevar los alumnos a sus casas para mejorar la tierra que posean. El compostador que se ve en la figura 22 está fabricado con polietileno reciclado y tiene una capacidad de 300 litros. La ventaja que presenta el mismo es que se presenta de manera modular, con la flexibilidad consiguiente.



Figura 1-22: Compostador.

1.3.1.10 Elementos activos

Los artefactos eléctricos que se instalarán deberán contar con certificado energético y el mismo será de clase A. La clasificación energética se ilustra en la figura 23.



Figura 1-23: Certificado energético.

1.3.1.11 Sensores para medir el consumo

“Lo que se puede medir se puede mejorar” dijo alguna vez Peter Drucker. Es por esto que es imprescindible medir el consumo energético. Existen diversos sensores para medir esto, en las figuras 24 y 25 se ven dos de ellos.



Figura 1-24: Sensor de consumo eléctrico.



Figura 1-25: Sensor de consumo eléctrico.

Es necesario conocer cuánto se consume en la situación previa y cuánto con la mejora propuesta. Estos sensores transmiten los datos a una pantalla remota en tiempo real para saber cuánto se está consumiendo. También, se puede transmitir por Internet o ver la información desde un Smartphone. La aplicación Google PowerMeter permitía ver esto y el costo por KWh. Hoy existen otras aplicaciones y constantemente se crean nuevas.

1.4 Clima en la Ciudad de Buenos Aires

En la figura 33 se verán los valores medios de temperatura y precipitación para Capital Federal.

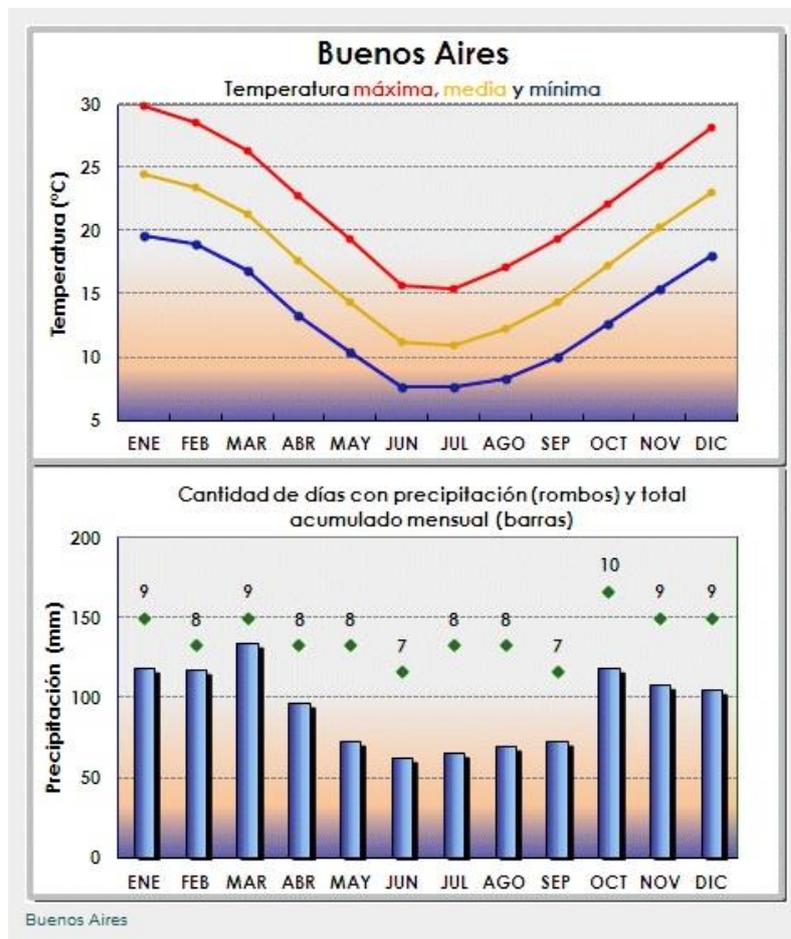


Figura 1-26. Información climática de la Ciudad de Buenos Aires.

Estos datos encontrados serán de utilidad más adelante en el trabajo para poder dimensionar los tanques para almacenar el agua de lluvia (conociendo la superficie a partir de la cual se la recolectará) y conocer a partir de la temperatura tanto en verano

como en invierno cuál va a ser el aislamiento adecuado, por ejemplo. También, servirán de input para el software que se usará más adelante.

1.5 Casos exitosos de implementación en instituciones educativas

Un caso de éxito fue el de una institución de educación ambiental situada en Bainbridge Island (Washington, Estados Unidos). Esta construcción presenta una cubierta en voladizo en una de sus fachadas para reducir la entrada de radiación solar. Como contrapartida, el uso de ventanas graduables en dos de sus fachadas asegura la generación de ventilación cruzada durante los días calurosos. También, se implementó con éxito la técnica de compostaje. La figura 26 se puede ver a continuación:



Figura 1-27: Institución educativa en EEUU.

Otro caso exitoso fue el de Cunningham Elementary, entre otros que se implementaron en un programa de Texas, Estados Unidos, una escuela primaria que obtuvo la certificación LEED Gold (enmarcado dentro de la norma LEED® Green Building Rating System). Se reemplazó una escuela de 60 años de antigüedad y por temas logísticos y de lejanía de las viviendas de los alumnos se decidió mantener a los alumnos en el régimen de clases durante el desarrollo de la construcción. El costo total del proyecto fue de unos 16 millones de dólares. Los logros alcanzados fueron, entre otros, los siguientes:

Logros	
20%	Reducción en el consumo energético
34%	Reducción en el consumo de agua
30%	Contenido de materiales reciclados
43%	Uso de materiales locales o regionales
88%	Desechos de la construcción no enviados al relleno sanitario

Tabla 1-1: Logros alcanzados con certificación LEED.



Figura 1-30: Interior de Cunningham Elementary.



Figura 1-29: Patio de Cunningham Elementary.



Figura 1-28: Corredor de Cunningham Elementary.

Otro caso que del sistema educativo Houston Independent School District que se enmarca dentro del plan de implementación de certificaciones LEED es el de Frost Elementary.



Figura 1-31: Interior de Frost Elementary.



Figura 1-32: Interior de Frost Elementary.



Figura 1-33: Entrada de Frost Elementary.

La escuela de 750 alumnos ha alcanzado una certificación de plata (LEED Silver). Ha logrado:

- Techo fresco, superficies con reflectividad mejorada
- Bajo uso de agua con plantas y vegetación autóctona, eficiencia en su uso al haber riego con agua potable
- Sensores de luz en pasillos y aulas con buen vidriado para aprovechar la luz solar
- Equipamiento mecánico y refrigeración de la cocina con refrigerantes libres de CFC
- Materiales locales utilizados (ladrillos, pintura, techos, ventanas)
- Elementos con uso de reciclados (particiones del baño, alfombras, puertas, aislamiento de fibra de vidrio)
- Programa de reciclado y separación en origen de papel, plástico, aluminio y vidrio
- Gestión de los restos de materiales de la construcción
- Monitores de CO₂
- Pinturas y adhesivos con contenido de compuestos orgánicos poco volátiles
- Luz exterior se usa para el 97% del espacio usualmente ocupado
- Ventanas regulables para ventilación natural
- Edificio escolar utilizado como una herramienta de enseñanza (fórmulas matemáticas y formas geométricas usadas en el diseño y el concepto de sustentabilidad)
- Sistema de recolección de agua de lluvia (riego para arbustos y árboles)

- Cursos Verdes (partes de la escuela se usan como contenido de materias científicas y sociales)
- Reducción del 21% en el consumo energético
- Reducción del 35% en el consumo de agua
- 55% de los materiales utilizados es reciclado
- 67% de los materiales utilizados es local o regional con el consiguiente ahorro logístico

1.5.1 Programa de Escuelas Verdes de la Ciudad de Buenos Aires

El Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires fomenta el desarrollo sustentable por medio de la Educación y la Gestión Ambiental en las escuelas. Hay cuatro ejes temáticos de trabajo: Gestión Integral de Residuos, Salud Ambiental, Eficiencia Energética y Energías Renovables y Cambio Climático. El programa propone un cambio de paradigma en el que la Educación Ambiental sea tomada de manera integral por toda la comunidad educativa, ya que los destinatarios del programa son alumnos, docentes, personal no docente, directivos y supervisores. El Programa responde a la Ley 1687/05 de Educación Ambiental de la CABA que plantea como objetivo la incorporación de la Educación Ambiental en el sistema educativo formal, no formal e informal y forma parte del Comité de Asuntos Educativos Ambientales establecido por dicha norma. En la bibliografía se puede encontrar un video donde se puede apreciar la primera terraza verde en una escuela porteña.

1.5.1.1 Resultados del programa al 2014

- 1.058 escuelas separan los residuos en origen con recolección diferenciada
- 340.000 alumnos se encuentran capacitados en gestión de residuos
- 3.500 docentes, directores, supervisores y auxiliares capacitados en gestión de residuos
- 444 toneladas de residuos recuperados
- 36.618 cestos duales y 1.989 contenedores fueron entregados para la separación dual en reciclables y basura
- Contenidos pedagógicos sobre gestión de residuos para 160.000 netbooks del Plan Sarmiento

- Todas las escuelas medias y técnicas y 133 escuelas de nivel inicial y primario con estacionamiento de bicicletas
- 85% de las escuelas medias capacitadas en movilidad sustentable y seguridad vial
- Desarrollo del Anexo Curricular sobre Educación Vial y Movilidad Sustentable
- 306 escuelas poseen huerta plantines entregados
- Más de 500 docentes se capacitaron para construir una huerta en su escuela en el curso “La Huerta en la escuela”
- 7.540 alumnos capacitados en el manejo y construcción de huertas escolares
- 13 escuelas resignificaron sus espacios verdes con árboles y plantas.
- Realización de auditorías de ahorro energético en 50 escuelas representativas del sistema educativo
- Desarrollo de un Plan integral de ahorro de energía en 80 escuelas + capacitación de la comunidad educativa
- 1 escuela modelo en eficiencia energética y consumo de agua
- 300 alumnos participando del Programa Kid’s ISO 14000 (Agencia de Cooperación Internacional de Japón)
- 5 cubiertas verdes construidas en escuelas y 1 en proceso de construcción
- 2.300 alumnos realizan actividades pedagógicas integradoras en las escuelas con cubiertas verdes
- Instalación de paneles solares fotovoltaicos en 3 establecimientos educativos que alcanza a un total de 1.400 alumnos.
- 300 alumnos y docentes participaron de los proyectos presentados en la Feria Ambiental
- Financiamiento de 19 proyectos ganadores (más del 50% de los proyectos participantes) de la “Feria Ambiental”
- Capacitación a los miembros de los equipos ganadores en temáticas ambientales y formulación de proyectos.
- Desarrollo de actividades de sensibilización y concientización en la primera Cubierta Verde que se encuentra en una escuela de la Ciudad de Buenos Aires.
- Realización de un Plan Piloto de Huella de Carbono en 50 escuelas
- Desarrollo de un software para calcular la Huella de Carbono de los edificios escolares del sistema educativo

2. Análisis de un caso de escuela verde en la Ciudad

Antes de realizar el estudio sobre la escuela seleccionada, se procedió a estudiar una escuela verde de la Ciudad de Buenos Aires. La misma fue de utilidad para detectar oportunidades de mejoras respecto de los establecimientos más antiguos. La idea es analizar esta escuela como modelo en primer lugar y luego la escuela a mejorar, muy distinta, en la que se aplicarán conceptos de arquitectura sustentable, como se mencionó. También, se tomarán aspectos de la escuela que se tratará a continuación:

2.1 Escuela Media Técnica N° 36 “Alte. Guillermo Brown”. Polo Educativo Saavedra

El Ministerio de Educación ha iniciado en la Ciudad de Buenos un proceso de creación de nuevas instituciones educativas y una profunda renovación de sus edificios, acentuando una mayor integración de las instituciones educativas con la comunidad, estableciendo un nuevo concepto en la dimensión y el uso de los espacios arquitectónicos y la relación con su entorno.

La dinámica del desarrollo urbano y las transformaciones operadas en la sociedad, generan un replanteo del concepto sobre el espacio educativo, el entorno urbano, sus espacios y la renovada relación que entre ellos se crea.

Es por ello que este nuevo planteo urbano, el Polo Educativo, es fruto de esta nueva relación de integración entre las instituciones y los actores de la sociedad, que participan de su creación con una positiva experiencia previa, el Polo Educativo Lugano.

Si bien la construcción del polo se propuso durante la gestión de Aníbal Ibarra, en el 2012 se terminó de construir dicho polo.

El Ministerio de Educación presenta una propuesta educativa superadora y en evolución permanente con la incorporación de un Polo Educativo en el barrio de Saavedra, ofreciendo los siguientes niveles educativos:

- Escuela Infantil - de creación. Para niños de 45 días a 5 años - 480 niños.
- Escuela Media Técnica N° 36 “Alte. Guillermo Brown” - nuevo edificio
Con especialización en computación, medios y obras - 840 alumnos.

- Escuela de Música “Juan Pedro Esnaola” - nuevo edificio.
- Escuela Media - Magisterio y Profesorado de Música - Escuela de Luthiers e Imprenta - 1.500 alumnos.
- Auditorio para 450 personas.
- Escuela Especial - N° 1 IREP.
- Escuela Primaria y de Capacitación - 200 alumnos.
- Equipamiento Deportivo: Natatorio cubierto y equipamiento deportivo para distintas disciplinas.
- Equipamiento Urbano: Parque común y público, integrado al barrio y estacionamientos.

2.1.1 Ubicación geográfica

El polo se encuentra en el barrio porteño de Saavedra. En la figura 34 y 35 se pueden apreciar imágenes obtenidas a partir de Google Maps de la localización en la Ciudad de Buenos Aires:

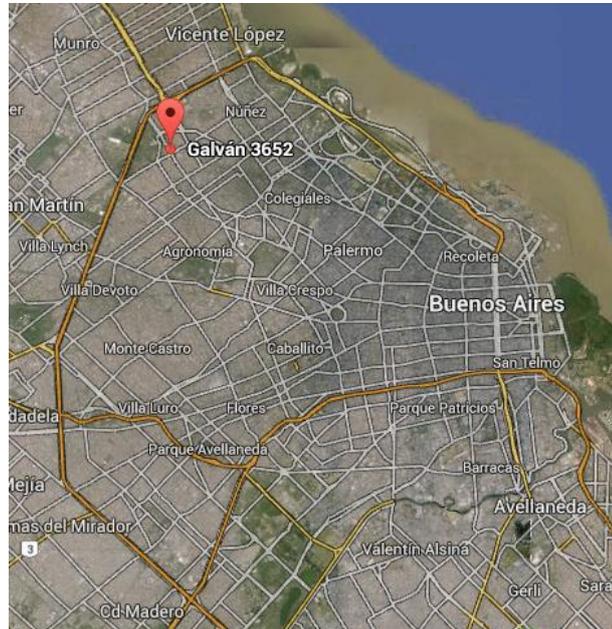


Figura 2-34: Ubicación del Polo Educativo Saavedra.

Más en detalle se puede ver con mayor claridad la presencia del polo con una imagen satelital:



Figura 2-35: Ubicación detallada del Polo Educativo Saavedra.

A continuación se ven unas imágenes de la entrada de la escuela técnica en cuestión y un plano obligatorio de evacuación dentro de la misma donde se puede apreciar el layout.



Figura 2-36: Exterior de la Escuela Media Técnica N° 36.



Figura 2-37: Entrada de la Escuela Media Técnica N° 36.

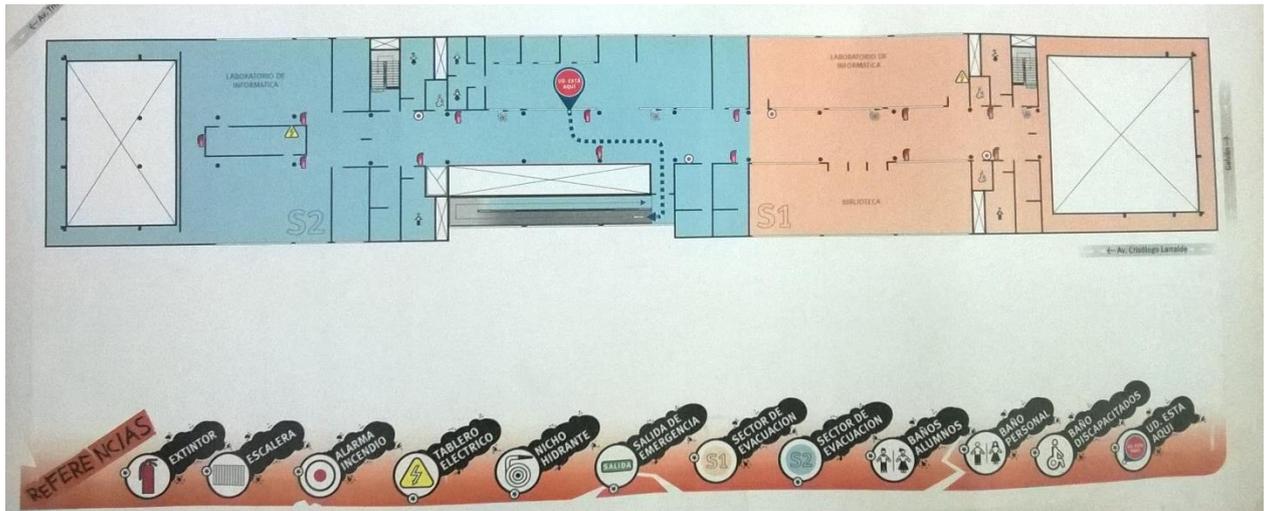


Figura 2-38: Plano de evacuación.

2.1.2 Puntos Relevantes

2.1.2.1 Iluminación Interior

En el interior se pudo observar lámparas de bajo consumo (spots de embutir con dos lámparas de 23 W cada una – equivalente a 100 W de una incandescente) y en los baños tubos fluorescentes de 36 W.



Figura 2-39: Iluminación en el baño.

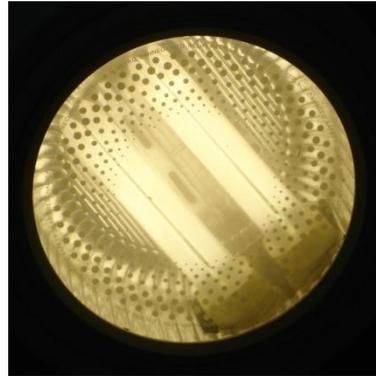


Figura 2-40: Iluminación interior.

2.1.2.2 Iluminación Exterior

En el exterior se encontraron fuentes de iluminación de tipo halógeno, con un consumo de 70 W que podría mejorarse. Se puede apreciar la ficha técnica en la figura 41:



IP65



CODE / CODIGO	WATTS	LAMP	BASE	KG
FROG A 70 E	70	MH-SAP	RX7s	3,680
FROG A 70 EL	70	MH	RX7s	3,700

Figura 2-41: Iluminación exterior.

Y se ve el modelo montado en las columnas de un patio exterior de la escuela:



Figura 2-42: Patio exterior.



Figura 2-43: Vista externa.

2.1.2.3 Vidriado

En cuanto al vidriado hay una superficie importante de la pared con vidrios de 5 milímetros de espesor que permiten iluminación natural. Si bien esto es algo positivo para la iluminación interior, no es ventajoso para la refrigeración debido a una aislación deficiente.



Figura 2-44: Vidriado exterior con datos técnicos.

No tienen cámara de aire (doble vidriado), sino una lámina de polímero de seguridad. Una cuestión en contra es que son muy caros por tener una amplia superficie que se ve afectada por vecinos (cancha de fútbol cercana) y alumnos (piedrazos).



Figura 2-45: Pasillo interior y sala de computación.



Figura 2-46: Comedor.

2.1.2.4 Marcos

Los marcos de las ventanas son de aluminio. Esto presenta un problema a nivel de eficiencia energética dado que, al ser un material muy conductor, forma parte de lo que se denomina puente térmico. Esto se puede mejorar con una cámara de aire que rompa el puente mencionado o con el reemplazo por marcos de madera que poseen una energía incorporada² de 2 MJ/kg contra los 200 MJ/kg del aluminio.



Figura 2-47: Marcos de las ventanas.

² La energía incorporada es aquella que se requirió para la elaboración de determinado material.

2.1.2.5 Paredes

Las paredes son en mampostería de ladrillo de 30 centímetros de espesor y con cámara de aire. Si bien el ladrillo es un material con gran energía incorporada (se requirieron 2,5 MJ/kg durante su elaboración), la inercia térmica es elevada y esta energía se ve compensada con un ahorro energético al calefaccionar. Otro material usado para vigas y pilares es el hormigón armado, material con el que ocurre lo mismo a lo que se mencionó anteriormente.



Figura 2-48: Recubrimiento exterior.

2.1.2.6 Terraza

La terraza tiene un gran potencial: cuenta con una gran superficie (2300 m²). Son 115 metros de largo por 20 de ancho. Sin embargo, están las salidas de la calefacción, de la cocina, bombas centrífugas y el tanque con agua únicamente. Esto deja un gran espacio libre ocioso que se podría aprovechar con bajo costo. Una posibilidad es implementar una cubierta ajardinada, mientras que se podría hacer un uso mixto con paneles solares y molinos eólicos.

En cuanto al agua, el consumo se da en los baños y en una cocina pequeña del buffet, al margen de la casa del casero. Para mejorar el aprovechamiento del agua, se podría hacer que la misma vaya a un depósito, ya que considerando que las precipitaciones se encuentran entre 60 y 140 milímetros mensuales a lo largo de un año se podrían teóricamente obtener entre 138 y 322 m³ mensuales. En el peor de los casos (mes más seco - junio) se podrían disponer de 138000 litros mensuales, o 6900 litros diarios que equivalen a unos 8 litros por alumno por día. Si bien no es suficiente, se podría utilizar esta agua para cargar las mochilas de los inodoros, agua que de todas maneras se ensuciará y que se evita el gasto energético del bombeo. Adicionalmente, se pueden poner mochilas de baños con descarga reducida o doble descarga para hacer un uso más

eficiente del agua. Cabe destacar que actualmente se usa agua de red para regar los jardines. Con el sistema propuesto se podría minimizar su uso.



Figura 2-49: Terraza desocupada.

2.1.2.7 Calefacción

La misma es central. Hay 4 equipos por piso y no utiliza caldera, sino quemadores³ que son más eficientes que las mismas. Se ven imágenes de los quemadores y sus características técnicas en las figuras 50, 51, 53, 54 y 55. En la ficha técnica provista por la empresa se pueden ver las medidas del quemador y los correspondientes datos técnicos:

³ Los quemadores modelo 91-5 son fabricados por la empresa EQA S.A.I.C. La misma es líder en el rubro de equipos de combustión.

EQA 91 con carcasa de protección | EQA 91 with protection case

- Modelos | Types
- 91-5
 - 91-10
 - 91-18
 - 91-19
 - 91-19T

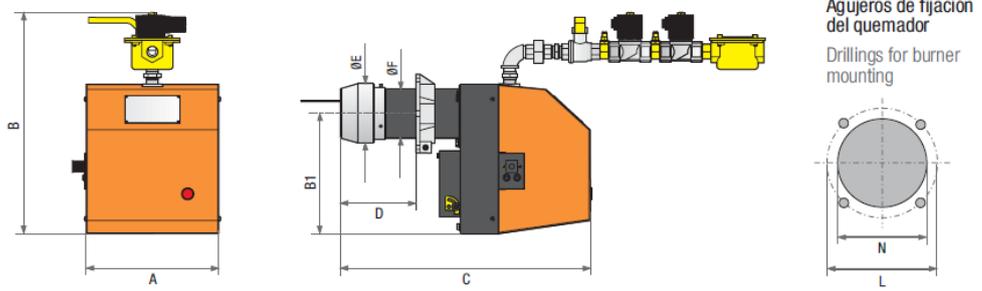


TABLA DE MEDIDAS (en mm) Y CAPACIDADES DIMENSIONS (in mm) AND CAPACITIES															
Modelo Type	A	B	B1	C	D min	D max	E	F	L min	L max	N	Capacidad Máxima Maximum Capacity	Contrapresión Pressurisation	Pos. Motor Motor Pos.	Potencia motor Power motor
91-5	238	403	219	387	50	105	----	90	130	155	95	50.000 Kcal/h	5 ... 20 mmCA	A	130W
91-10	238	390	219	387	50	105	----	90	130	155	95	100.000 Kcal/h	5 ... 30 mmCA	A	130W
91-18	238	530	219	450	80	172	108	90	130	155	113	180.000 Kcal/h	5 ... 30 mmCA	A	130W
91-19	334	581	225	521	50	85	----	90	130	155	95	100.000 Kcal/h	5 ... 50 mmCA	B	130W
91-19T	334	581	225	510	80	172	108	90	130	155	113	220.000 Kcal/h	5 ... 50 mmCA	B	130W
91-21	278	563	208	360	50	105	----	90	130	155	95	100.000 Kcal/h	5 ... 50 mmCA	B	130W
91-21T	278	563	208	421	80	172	108	90	130	155	113	220.000 Kcal/h	5 ... 50 mmCA	B	130W
91-22*	424	641	284	575	----	----	----	114	----	----	----	200.000 Kcal/h	10 ... 50 mmCA	C	0,5HP
91-25	439	368	283	742	153	250	127	95	90	111	132	250.000 Kcal/h	10 ... 50 mmCA	C	0,5HP

Figura 2-50: Datos técnicos del quemador relevado.

Un plano de montaje es útil para conocer las distintas partes que integran el quemador:

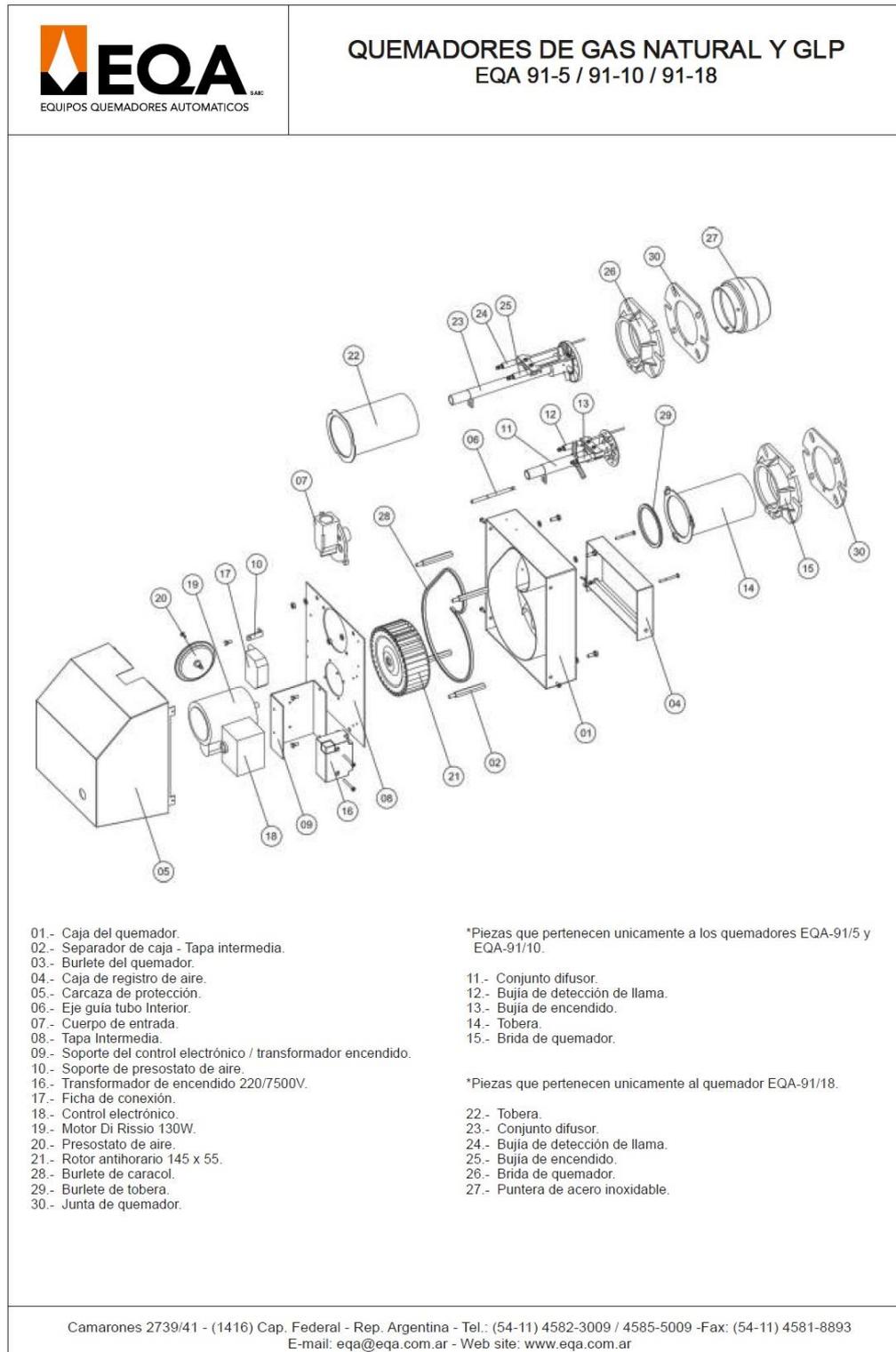


Figura 2-51: Plano de montaje del quemador.

El motor eléctrico tiene como finalidad la regulación de la cabeza de combustión, el accionamiento de la válvula que regula la entrada del aire, el uso del ventilador, cajas de control con dispositivos electrónicos de accionamiento y control de ciclo de funcionamiento.

Por medio de la siguiente toma ingresa el aire a calentar ya que el mismo no puede recircular. Se alcanza a ver la rejilla para evitar el ingreso de elementos extraños, así como el ventilador de 750 W que envía el aire hacia los quemadores.



Figura 2-52: Toma de aire.

Existen dos salas con quemadores en el piso, y en una hay dos mientras que la otra sala contiene tres máquinas. Sala 1 (dos quemadores):



Figura 2-53: Quemadores funcionando.

El manómetro de presión relativa indica la presión del gas natural que proviene de la red. Esto se hace para verificar que el regulador de presión funcione correctamente y que la presión a la que entra sea la correcta⁴. Se ve que la indicación de la figura se encuentra dentro del rango admisible. Sala 2 (tres quemadores):



Figura 2-54: Quemadores funcionando con la indicación manométrica correspondiente.

Unas chapas con datos técnicos que ayudan a estimar el consumo y gasto energético se ven a continuación:



Figura 2-55: Datos técnicos de los quemadores.

Los conductos a través de los cuales circula el aire caliente se apreciaron en imágenes anteriores, pero se visualizan mejor en las siguientes imágenes. Cabe aclarar que por las

⁴ Según la norma NAG-235 del año 1995 emitida por el ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas), la presión a la entrada se encuentra entre 0,5 y 4 bar mientras que la presión de salida nominal (luego del regulador de presión) debe ser de 19 mbar (pudiendo variar entre 17,58 y 20,42).

dos bandejas centrales se encuentra el cableado eléctrico, mientras que en los dos conductos laterales circula el aire para calefacción.



Figura 2-56: Ductos de calefacción y bandejas de la instalación eléctrica.

2.1.2.8 Refrigeración

En cuanto a la refrigeración, la escuela no cuenta con aire acondicionado. Únicamente se aprecian ventiladores:

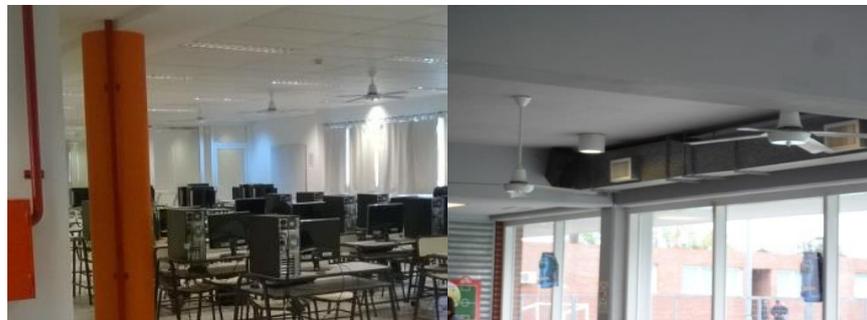


Figura 2-57: Ventiladores.

2.1.2.9 Cocina

Al ser la cocina muy pequeña, la misma no se considerará debido a que no es representativa del sistema en cuestión que se quiere optimizar.



Figura 2-58: Comedor con la cocina detrás.

2.1.2.10 Laboratorios

En los mismos se encuentran 64 computadoras, monitores 14'' y periféricos con un 70% de las pantallas siendo LCD. Mientras la fuente ubicada en el gabinete de la PC consume 600 W, los monitores LCD consumen 20 W. Por máquina se tienen 620 W, haciendo un total de 40 kW para todo el laboratorio. Una mejora a implementar en este caso es incorporar máquinas All in One para disminuir el consumo, además de usar menos espacio en el escritorio y que los alumnos puedan estar más cómodos. Estas computadoras logran consumos mucho más bajos que las tradicionales. Algunas llegan a consumir tan sólo 65 W⁵, es decir la décima parte de una PC tradicional. El ahorro de potencia es de 36 kW. La sala se puede ver en la figura 59.

Los pisos que se pueden apreciar cuentan con cerámicos de 30x50 centímetros. Los mismos son conductores del calor y esto se podría mejorar con un aislante, por ejemplo una alfombra que reduzca las pérdidas por el suelo y techo.



Figura 2-59: Laboratorios de computación.

⁵ Modelo PC Desktop Todo-en-Uno HP 18-50011a (ENERGY STAR) (F3F23AA).

2.1.2.11 Sensores de apagado automático

Si bien la escuela cuenta con los mismos, estos no funcionan. Se tratan de sensores que cuando no detecta movimiento se apagan las luces automáticamente. Otro sistema instalado pero sin uso es un temporizador que automáticamente corta el suministro eléctrico a partir de cierto horario. La razón por la cual estos sistemas no se utilizan se debe a que funcionan inadecuadamente y corta el suministro cuando hay clases o en horarios que no debería hacerlo.

2.1.2.12 Reciclado

Aplican separación en origen gracias a la concientización llevada a cabo en la escuela. Un plan a futuro es implementar una recicladora de plástico. Una propuesta que se mencionó anteriormente es la de utilizar los residuos orgánicos para elaborar compost. El mismo luego se podría usar como abono.



Figura 2-60: Separación de residuos en origen.

2.1.2.13 Terrazas verdes

Las terrazas verdes que se implementaron son las que figuran a continuación. En un caso se hizo sobre el techo de un auditorio, en parte para beneficiarse de una mejor acústica. Estos ejemplos demuestran que es posible realizar esta alternativa con un impacto positivo a nivel ambiental, sustentable y económico.



Figura 2-61: Terrazas verdes.

2.1.2.14 Otras cuestiones a mencionar

- Existe una subestación transformadora de alta tecnología debido a que llega media tensión al polo, pero la misma funciona mal y hay sectores caídos constantemente. Un problema frecuente que acaece en la institución está relacionado con las oscilaciones de voltaje. Esto ha quemado balastos de lámparas y existe una imposibilidad de reemplazar los mismos debido a que son importados. Por este motivo, la escuela debe adquirir unidades nacionales. Si se piensa en instalar luminarias LED, este es un problema importante a sortear debido a que la tensión debe ser suministrada de manera constante para garantizar la vida útil de dicho producto.
- Sistema contra incendio incorporado
- Ascensor
- Si bien el mantenimiento mejoró contrastado con 10 años atrás y existe una alta inversión, aún hay cuestiones de mantenimiento que en muchos casos tardan en solucionarse o se hacen de manera poco eficiente. Esto se debe, entre otras cuestiones a un sistema sumamente burocrático. Un ejemplo es el que se visualiza en la figura 62. Una empresa contratista realizó un trabajo y el mismo quedó sin terminarse de manera adecuada. En este caso hay una boca de cableado eléctrico que representa un peligro grande para los alumnos que día a día asisten a la escuela.



Figura 2-62: Boca eléctrica sin reparar.

- La superficie de todo el polo es de unos 40000 m². Mientras que la escuela cuenta con 12000 m².

3. Análisis de la escuela a optimizar

3.1 Escuela Primaria N° 26 - Adolfo Van Gelderen

Es una escuela primaria pública que comparte sus instalaciones con un jardín de niños. Se encuentra localizada en el barrio de Palermo. Cuenta con un total de 585 alumnos repartidos en dos turnos.

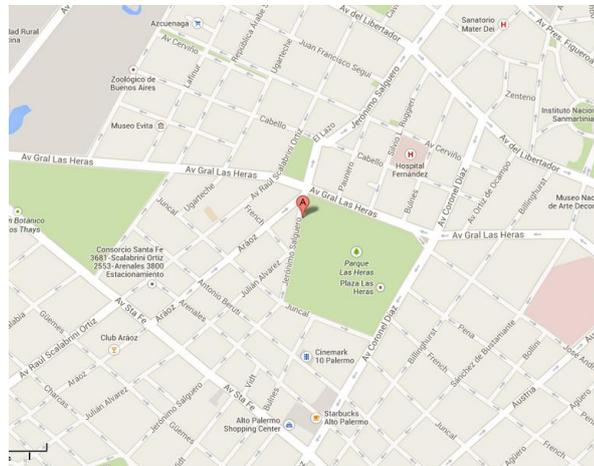


Figura 3-63: Ubicación de la Escuela Primaria N° 26.

Dicha escuela fue construida en el contexto del “Plan 60 Escuelas”⁶. Es de interés realizar el estudio sobre uno de dichos establecimientos debido a que los mismos cuentan con las mismas características constructivas, y originalmente con el mismo equipamiento. Por lo cual, luego de realizar el estudio sobre un edificio en particular, será posible replicarlo (parcialmente).

El siguiente análisis corresponde a la situación actual del establecimiento, lo cual servirá para determinar las oportunidades de mejora. Se desarrollará el relevamiento realizado, haciendo foco tanto en los materiales constructivos utilizados como en los artefactos instalados en la escuela.

⁶ Plan impulsado por Osvaldo Cacciatore, intendente de la Ciudad de Buenos Aires entre los años 1976 y 1982, plena dictadura militar.

3.1.1 Layout

Se visualizará el layout a continuación de la escuela a partir de planos de evacuación que se encuentran en la misma. Particularmente la Planta Baja, el Primer Piso y el Segundo Piso. No se cuenta con un plano para la terraza, pero se verán imágenes y se profundizará en la misma oportunamente.

3.1.1.1 Planta Baja

En el plano se puede visualizar la salida hacia la calle Jerónimo Salguero a la izquierda y en el extremo derecho un patio que da hacia el Parque Las Heras. El patio principal del extremo superior tiene su techo contra la terraza, es decir coincide con el techo del segundo piso. También, se encuentra la oficina de la directora, una cocina que no es utilizada, la sala de música y dos bibliotecas.



Figura 3-64: Plano de la Planta Baja.

3.1.1.2 Primer Piso

La superficie del primer piso es sensiblemente menor a la de la planta baja debido al importante patio de esta última. La figura 65 indica que esa área no está disponible:



Figura 3-65: Superficie no disponible para su uso.



Figura 3-66: Plano del Primer Piso.

3.1.1.3 Segundo Piso

Por último, se visualiza la segunda planta, en donde se encuentra el jardín de infantes y la sala de informática con las computadoras:



Figura 3-67: Plano del Segundo Piso.

3.1.2 Puntos Relevantes

3.1.2.1 Iluminación Interior

La iluminación interior se compone tanto de luz natural como artificial. Es posible apreciar en el diseño de estos edificios la gran cantidad de vidrios que tienen, tanto en las paredes interiores como en las exteriores.

Esto representa una ventaja dado que hay mucha iluminación natural en los distintos ambientes. Diversos estudios sobre la luz natural en ambientes de aprendizaje/trabajo, han arrojado los siguientes resultados⁷:

- Mejora la salud
- Aumenta la productividad

⁷ <http://arquitecturaresopal.wordpress.com/2008/07/21/ventajas-del-uso-de-la-luz-natural/>

- Aumenta la capacidad de aprendizaje (20 – 26%)
- Disminuye el ausentismo
- Mayor moral y mayor lealtad a la compañía
- Mejor calidad y comodidad visual

No obstante, también representa un aspecto negativo. Al haber tanta superficie cubierta con vidrio representa una mala aislación del edificio. Por lo cual se debe gastar más energía de la debida para mantener la temperatura de ambiente. Por ejemplo, al realizar la visita se pudo detectar que muchos de los vidrios se encontraban abiertos mientras que la calefacción se encontraba encendida. Es evidente que éste aspecto es un punto de mejora, se deberán estudiar alternativas para mejorar la aislación térmica.

Respecto de la luz artificial, se pudo observar que la mayor parte del edificio se encontraba iluminada mediante tubos fluorescentes, se pudieron contabilizar alrededor de 500 unidades. Cada uno de ellos consume 36 W de potencia. Con lo cual, en caso de encontrar alguna luminaria que ofrezca la misma iluminación consumiendo menor potencia, el ahorro a nivel global será notorio. A priori se puede pensar en lámparas de bajo consumo y en iluminación LED.



Figura 3-68: Tubos fluorescentes utilizados.

3.1.2.2 Iluminación Exterior

Obviamente el edificio se encuentra iluminado por luz natural exteriormente. Sin embargo, contiene equipos de iluminación exterior, principalmente reflectores halógenos para los horarios sin luz solar. Pudieron contabilizarse 10 de ellos a lo largo de todo el perímetro. Si bien estos equipos consumen bastante potencia (alrededor de 150 W), la cantidad de los mismos no es significativa. Aun así, se estudiarán alternativas para disminuir el consumo.

3.1.2.3 Vidriado

Como se comentó anteriormente, el edificio cuenta con una gran superficie exterior cubierta por vidrios. Los mismos son de 5 mm de espesor con lámina intermedia, debido a los requerimientos de seguridad establecidos para proteger la integridad de las personas en caso de accidente.



Figura 3-69: Vidriado.

Debido a la importancia relativa que tienen los vidrios en la estructura, se deberán estudiar alternativas con el objetivo de mejorar la aislación térmica del edificio.

3.1.2.4 Marcos

Los marcos de todas las ventanas son de acero. Este es un punto fundamental a la hora de estudiar un posible cambio en los vidrios y su plan de ejecución.

3.1.2.5 Paredes

Las paredes son de hormigón armado de 40 cm de espesor, con ladrillos a la vista en más del 95% de la superficie. Las escuelas construidas como parte de este plan presentan estructuras robustas, pensadas para mantenerse vigentes a lo largo del tiempo. Esto se comprueba con el material de construcción empleados y los espesores seleccionados.

El hecho que se encuentre recubierto por ladrillos a la vista (tanto en el interior como en el exterior), representa una ventaja en cuanto a la aislación térmica. Mientras que el hormigón armado tiene una conductividad térmica de 1,4 W/(mK), la del ladrillo macizo es de 0,7 W/(mK), variando el coeficiente dependiendo de la porosidad y las condiciones de mantenimiento.

3.1.2.6 Calefacción

Uno de los aspectos más importantes a relevar es método de control de la temperatura interna del edificio. La calefacción de las instalaciones se realiza mediante un antiguo sistema que comprende la generación de vapor mediante una caldera, el cual luego circula a lo largo de tuberías hasta llegar a los dispositivos ubicados a lo largo de todo el edificio:



Figura 3-70: Salida de calefacción.

El sistema trabaja de la misma manera que un radiador. El fluido caliente se hace circular por una gran superficie de contacto mientras una corriente de aire pasa a través de los pequeños espacios entre la red metálica. El aire se encuentra impulsado mediante ventiladores los cuales fuerzan el flujo del fluido hacia dentro del edificio. El calor fluye de un fluido al otro por medio de conducción, calentándose el aire y enfriándose el vapor. El aire finalmente calienta el interior del edificio, mientras que el vapor se hace recircular en un circuito cerrado con pérdidas.

Este es un sistema sumamente antiguo, aunque se encuentre en vigencia en muchas edificaciones. Dado la importancia que tiene este equipamiento dentro de la infraestructura, y sabiendo que se emplean equipos de viejas tecnologías, se puede determinar otro posible punto de mejora. Podrá estudiarse el sistema de quemadores empleado en la escuela modelo analizada.

En la figura 71 se puede ver la placa de la caldera, datos que se utilizarán para los cálculos de la calefacción:



Figura 3-71: Datos técnicos de la caldera.

En la sala de calderas se visualizó un diagrama con la instalación y las conexiones entre las bombas, la caldera y el circuito de agua y vapor:

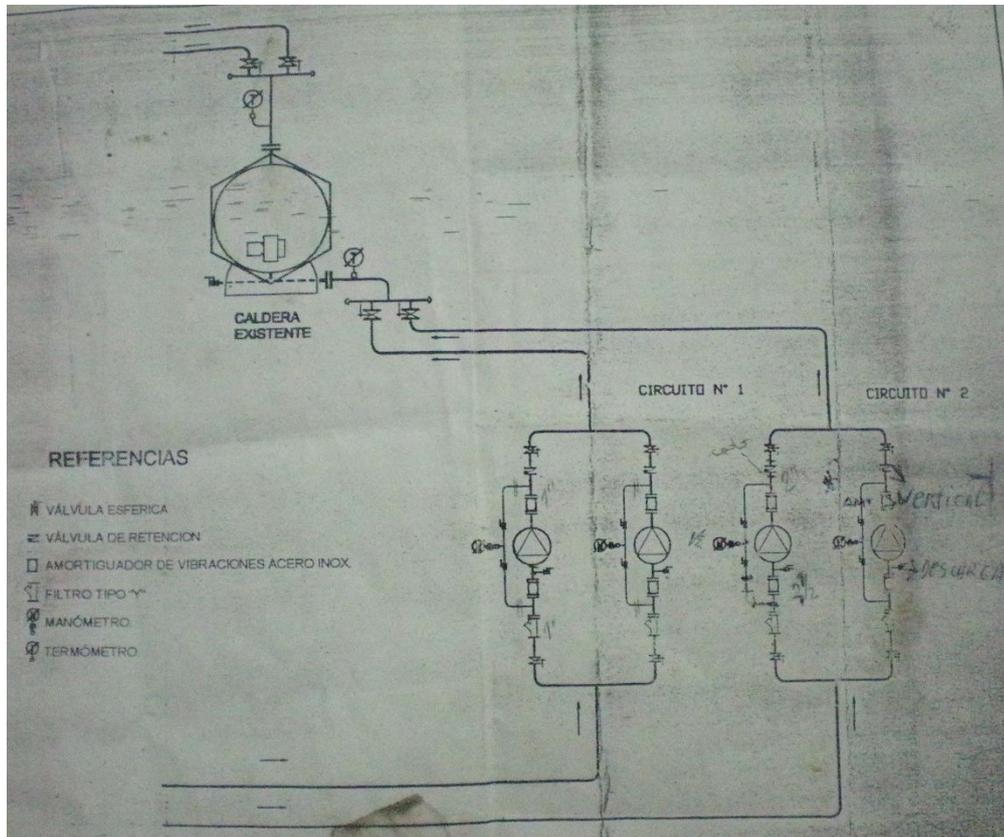


Figura 3-72: Diagrama de la instalación.

Yuxtapuesta, se encontraba una planilla de verificación y mantenimiento de calderas. Esta checklist de rutina llevaba un registro de los análisis hechos con distinta frecuencia para cada tarea a realizar:

3.1.2.8 Agua

El consumo de agua se debe fundamentalmente al uso higiénico y el consumo de la caldera.

En los baños se aprecian artefactos corrientes de grifería y los inodoros son estándar. No hay duchas, excepto una única en la casa del casero. Se puede estudiar la implementación de artefactos sanitarios de bajo consumo de agua, específicamente mochilas de inodoros con graduación de descarga, y canillas de apertura temporal. Por ser los alumnos de primaria y de jardín se estima que se cuidan poco el agua, por lo cual resulta interesante estudiar dichas mejoras.

La caldera opera en un ciclo cerrado, no obstante existen pérdidas en el circuito debido a fugas y evaporación del fluido. Es por ello que el agua de la misma debe ser repuesta en los períodos de funcionamiento.

3.1.2.9 Cocina

Como sucedía en la escuela modelo, no hay actividad significativa en la cocina. De hecho, no existe ni siquiera un buffet como en el caso anterior. Las instalaciones de la misma son muy completas, pero por tener dos turnos la escuela no se encarga de preparar alimentos para los alumnos. Cabe destacar que el equipamiento incluye heladeras y un freezer de gran volumen, los cuales no tienen uso actualmente.

3.1.2.10 Artefactos

La escuela cuenta con una pequeña sala de computación compuesta por 16 equipos que incluyen CPU, monitores CRT, mouse y teclado.

Dentro de la sala de música es posible encontrar un amplificador y un equipo de música regular.

Dada la baja cantidad de artefactos, no justifica un mayor análisis. Se sugiere reemplazar los viejos monitores CRT por LED.

3.1.2.11 Sensores de apagado automático

Durante el año 2013 se instaló en los tableros eléctricos de cada uno de los pisos un dispositivo de apagado automático. El mismo opera gracias a un reloj interno que indica

el horario en el cual se corta la corriente eléctrica. La utilidad del mismo es garantizar que la corriente se encuentre cortada en los momentos en que la escuela se encuentra vacía, por ejemplo en los horarios nocturnos luego de la limpieza. Lamentable fueron mal instalados, ocasionando que la corriente se corte en cualquier momento del día, siendo una molestia para los alumnos en horario de clase. Los encargados los desactivaron para todo momento. Este es un punto de mejora que se puede lograr con una mínima inversión. Dado que el personal actúa con indiferencia y es poco educado respecto al cuidado ambiental, es frecuente que muchas luces queden encendidas durante la noche. El proyecto contempla también la educación de las personas, para educar no solamente a los alumnos sino a los adultos.

3.1.2.12 Riego

La escuela no cuenta con riego. Si bien se encuentra rodeada por superficie verde (Parque Las Heras), no depende de la escuela.

3.1.2.13 Reciclado

Tal como se pudo observar en la escuela modelo, se realiza separación de origen en los cestos de basura dispuestos por el Gobierno de la Ciudad.



Figura 3-74: Cestos para la separación de residuos.

3.1.2.14 Otros puntos a considerar

- Terraza totalmente desaprovechada
- Instalaciones de muy alta calidad, pero deterioradas debido al paso del tiempo y al pobre mantenimiento.

- Sistema de alarma para seguridad.
- Cuenta con ascensor para los alumnos con problemas motrices.
- Sistema sumamente burocrático.
- Empresa privada CEHOS encargada del mantenimiento del edificio. Brinda soluciones cortoplacistas a los problemas, como puede observarse con las reparaciones del techo.

4. Mejoras Propuestas

Realizado el análisis sobre la situación actual de la escuela, pudieron detectarse posibles puntos de mejora, los cuales serán estudiados en detalle en la sección correspondiente.

Algunas de éstas propuestas tienen su fundamento en el estudio de la escuela modelo, la cual emplea tecnologías de bajo consumo en algunos de sus equipos. Otras surgieron producto a una investigación sobre otros casos de éxito estudiados anteriormente y de ideas de la bibliografía utilizada.

Se intentó formular soluciones simples y de fácil aplicación para atacar el problema. Mientras que algunas de las propuestas requieren de tiempos de instalación más considerables, los cuales pueden efectivizarse en los meses de verano durante el cual el edificio tiene actividades reducidas.

4.1.1 Iluminación Interna

Es inminente el reemplazo de los tubos fluorescente por tecnologías que consuman menos, debido a la gran cantidad de artefactos presentes en el edificio, que en su conjunto suman una gran potencia. Entre ellas se resaltan las lámparas de bajo consumo y la iluminación LED.

El objetivo es disminuir la potencia total, sin dejar de suministrar la iluminación interior necesaria que requieren los alumnos para desarrollar cómodamente sus actividades.

A la hora de analizar en mayor detalle cada una de las alternativas, debe tenerse en cuenta el soporte de las lámparas, los cuales deberán reemplazarse en caso de optar por nuevas tecnologías.

4.1.2 Vidrios

Una gran parte de la superficie del edificio se encuentra cubierta por vidrios. Los mismos son de 5 mm con una lámina de seguridad intermedia, para prevenir lesiones en caso de accidentes.

Al trabajar sobre este punto se buscará optimizar tanto la iluminación natural que reciben los ambientes, como la aislación del establecimiento. Debido a su disposición actual, las superficies vidriadas no garantizan una buena barrera para la temperatura exterior, por lo cual debe utilizarse más energía que la ideal para establecer la

temperatura ambiente interna. Cabe también destacar que en muchas ocasiones los mismos se encuentran abiertos al mismo tiempo que se calefacción, haciendo sumamente ineficiente todo el proceso.

Se estudiarán alternativas para solucionar las problemáticas actuales. Principalmente serán evaluados vidrios con cámara intermedia de gas, de manera de poder mejorar la aislación al mismo tiempo que se garantiza la iluminación natural. Serán también evaluada la manera de sustituir los actuales intentando evitar una obra de gran magnitud.

4.1.3 Calefacción

El sistema de calefacción empleado actualmente consta de un sistema antiguo y con muchas pérdidas energéticas, por ello se sugiere renovar el mismo.

Se evaluará un sistema de quemadores, como se encuentra instalado en la escuela modelo. La factibilidad del mismo puede verse comprometida dado que la obra implica modificación de ductos de aire, por lo cual podría implicar una obra de gran magnitud; dejando también el sistema de circulación de agua de la caldera totalmente deshabilitado.

Otra opción posible es la instalación de bombas de calor que garanticen una adecuada temperatura a lo largo de todo el año, aprovechando los ductos de aire presentes. Deberán buscarse equipos de alta tecnología y de bajo consumo, por lo cual la inversión podría ser muy alta.

4.1.4 Sensores de Apagado

Actualmente la escuela cuenta con equipos de corte de corriente automático instalados en el año 2013. Lamentablemente la conexión fue mal hecha, por lo cual no se utilizan. Bastará con realizar bien las conexiones para que los mismos funcionen. La mejora implica una inversión mínima y puede tener un impacto significativo.

4.1.5 Terraza

En ambas escuelas la terraza se encuentra totalmente inutilizada. Este es un interesante sitio para implementar numerosas medidas de carácter ambiental.



Figura 4-75: Terraza desocupada.

El Gobierno de la Ciudad ha tenido experiencias reales creando “cubiertas verdes” en las terrazas de establecimientos escolares. Si bien la inversión inicial es importante, pueden llegar a tener un impacto significativo, especialmente en la conciencia de los estudiantes. Algunas ideas interesantes para estudiar son:

- Instalación de paneles solares.
- Instalación de molinos de viento.
- Instalación de colector solar para pre-calentar el agua.
- Creación de una cubierta verde.

4.1.6 Cuidado del agua

Independientemente que este punto no contemple una optimización energética en sí, amerita el estudio para fomentar el cuidado del ambiente.

En ninguna de las escuelas visitadas se pudo observar que se aproveche el agua de la lluvia. La misma puede utilizarse para cualquier requerimiento de agua que no necesite potabilización, como puede ser los inodoros.

Es también interesante estudiar el reemplazo de las mochilas de los inodoros para disminuir el consumo del agua.

4.1.7 Sinergia

Si bien los puntos de mejora se van a analizar independientemente, debe tenerse en cuenta el impacto que puede tener aplicar varias de las mejoras simultáneamente. Es evidente que aspectos como la iluminación interior, la aislación y la calefacción/refrigeración estarán íntimamente relacionados. Por lo cual se busca atacar

la problemática de manera global aunque se haga foco en cada uno de los problemas particulares. El objetivo es encontrar la combinación de mejoras que optimicen el consumo energético, sin dejar de considerar las inversiones a realizar y la obra requerida.

5. Estudio técnico de mejoras⁸

Para evaluar el impacto de las mejoras propuestas se utilizó un software llamado RETScreen. El mismo es de licencia libre y fue desarrollado por el gobierno de Canadá en cooperación con la NASA.

RETScreen es una herramienta para realizar estudios de prefactibilidad de optimización energética. Trabaja comparando una situación actual contra una situación propuesta, donde el usuario debe ingresar los valores técnicos de cada una de las tecnologías. Como output entrega los valores de energía y combustible ahorrados, en unidades físicas como monetarias. Para cada uno de los aspectos de mejora, se detallará como fue utilizado⁹.

Para el cálculo de los valores monetarios se estableció un precio para la electricidad de 0,75 \$/kWh, mientras que para el gas natural es de 0,36\$/m³. Dichos valores fueron extraídos de facturas proporcionadas por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

5.1 Iluminación Interior

Como pudo determinarse al realizar el relevamiento, la escuela cuenta con aproximadamente 500 tubos fluorescentes Sylvania Standard T8 de 36 W cada uno, como puede apreciarse en la figura 76:



Figura 5-76: Tubo fluorescente.

Las características técnicas de los mismos se muestran en la siguiente tabla¹⁰:

⁸ Todos los valores monetarios se encuentran expresados en pesos argentinos.

⁹ Ver Anexo.

¹⁰ Sitio oficial de Sylvania.

Standard Ø 26mm T8 - Economy - 6000 Hs												
Código	Descripción	Potencia	Casquillo	Vida Media (hs)	Temp. Color (°K)	Dimensiones (mm)		Emisión Luminosa (lm)	Balasto Sylvania	Arrancador Sylvania	Circ.	Emb.
						L	D					
P31828-3	F15w/154	15W	G13	6000	6500	438	26	750	A1M001-RI	FSU / FS11	Nº4	25
P31832-3	F18w / 154	18W	G13	6000	6500	590	26	1050	R1P030-RI R1P032-RI *A1M011-RI A1M005-RI A1M006-RI	FSU / FS11 (2)FSU (2)FSU	Nº4 Nº5 Nº5 Nº7 Nº8	25
P31834-3	F36w / 154	36W	G13	6000	6500	1200	26	2500	R1P032-RI *A1M011-RI A1M006-RI A1M009-RI	FSU / FS11 FSU / FS11	Nº4 Nº4 Nº9 Nº7	25
P31836-3	F58w / 154	58W	G13	6000	6500	1500	26	4000	A1M020-RI	FSU / FS11	Nº4	25

Tabla 5-2: Datos técnicos del tubo fluorescente.

Se realizó un estudio de mercado para determinar el reemplazo óptimo de éstos equipos, donde pudieron detectarse dos tecnologías que podrían sustituir la actual:

- Lámparas de bajo consumo
- Tubos LED

Ambas representan un ahorro energético respecto de los tubos fluorescentes actuales. Sin embargo, hay un factor determinante a la hora de estudiar el reemplazo: la base de los tubos actuales, siendo los mismos de casquillo G13.

En caso de optar por las lámparas de bajo consumo, se deberían cambiar los mismos. Lo cual implicaría una mayor inversión inicial, como un mayor tiempo de instalación. Es posible encontrar en el mercado tubos LED T8 G13 de 1200 mm, lo cual significa que tienen el mismo diámetro, casquillo y longitud que los tubos fluorescentes actuales.

Debido que uno de los objetivos del trabajo es proponer soluciones simples, se optó por la tecnología LED para sustituir a la actual.

Pudieron hallarse en el mercado tubos Philips MASTER LED tube GA 1200mm 22W 865 G13 de 22 W cada uno, los cuales proporcionarían la iluminación necesaria en todos los ambientes, con un ahorro de 14 W por unidad. Las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3¹¹:

¹¹ Sitio oficial de Philips.

Nombre del producto	Longitud	Potencia	Base	Tensión	Factor de potencia	Flujo lumin.	CCT (K)	Apertura de haz	CRI	Tiempo de vida
MASTER LEDtube GA 600m m 11W 840 G13	600	11	G13	90-264	>0.9	825	4000	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 900mm 17W 840 G13	900	17	G13	90-264	>0.9	1265	4000	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 1200mm 22W 840 G13	1200	22	G13	90-264	>0.9	1650	4000	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 1500mm 25W 840 G13	1500	25	G13	90-264	>0.9	1900	4000	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 600mm 11W 865 G13	600	11	G13	90-264	>0.9	825	6500	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 900mm 17W 865 G13	900	17	G13	90-264	>0.9	1265	6500	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 1200mm 22W 865 G13	1200	22	G13	90-264	>0.9	1650	6500	140	85	40,000
MASTER LEDtube GA 1500mm 25W 865 G13	1500	25	G13	90-264	>0.9	1900	6500	140	85	40,000

* Valores Típicos

Tabla 5-3: Datos técnicos del tubo LED.

Cada tubo tiene un costo de \$425. Debe también tenerse en cuenta que el cambio de tecnología requiere una adaptación del cableado. Si bien la modificación es simple¹², debe tenerse en cuenta el costo de la mano de obra empleada, el cual es de aproximadamente \$15.000 para un electricista matriculado por el trabajo completo.

La inversión inicial a realizar es de \$227.500.

Otra ventaja de este tipo de tecnología es su tiempo de vida útil. El mismo es 5,7 veces superior que la tecnología actual¹³. Al operar la escuela dos turnos, los tubos LED pueden durar hasta más de 12 años sin problemas. Por lo tanto, la frecuencia de reposición será mucho menor que la actual.

El reemplazo de equipos por mantenimiento lo realiza el supervisor de la escuela, el cual es un electricista matriculado. Teniendo en cuenta que actualmente se reemplazan 50 tubos anualmente a un precio de \$18 por unidad, el costo anual de mantenimiento es de \$900 anuales. Mientras que suponiendo que será necesario reemplazar anualmente 2 tubos debido a imprevistos, el ahorro en mantenimiento será mínimo dado el alto costo de la tecnología actual.

En consecuencia se logrará una disminución en la potencia del **38,9%**¹⁴, lo cual generará un ahorro de electricidad considerable. El cambio de tecnología es técnicamente factible.

5.2 Iluminación Exterior

La escuela cuenta con aproximadamente 10 reflectores de halógenos para iluminar los sectores exteriores en los períodos sin luz solar. No se pudo determinar el modelo

¹² Ver Puesta en Marcha.

¹³ 40.000 hs vs. 6.000 hs de duración.

¹⁴ Reemplazando tubos de 36 W versus tubos de 22 W.

exacto de los mismos. Sin embargo, se consideró un modelo genérico en base al relevamiento realizado. Pueden apreciarse en la figura 77:



Figura 5-77: Luces halógenas exteriores.

Los mismos requieren una potencia aproximada de 150 W. Pueden ser reemplazados por reflectores con lámparas de bajo consumo los cuales tienen un costo unitario de \$200 y consumen 32 W en total. El reemplazo puede ser realizado por el supervisor. El costo de mantenimiento, si bien es muy bajo, aumentará debido al costo de las lamparitas.

Aunque se trate de muy pocas unidades, se propone la mejora debido al “impacto visual” que puede ocasionar en los alumnos. El proyecto excede el estudio técnico, buscando concientizar a los alumnos dando en ejemplo.

Dado que la puesta en marcha requiere el cambio del módulo completo, se optó por tecnología de bajo consumo en lugar de LED dado que la inversión inicial es menor.

El ahorro de potencia es del 78,7%¹⁵. Siendo la inversión de \$3000 solamente, el período de repago será muy corto debido al costo de la energía eléctrica.

5.3 Calefacción

5.3.1 Bombas de Calor

La tecnología más eficiente en la actualidad para climatizar los ambientes son las bombas de calor aire-aire. Utilizan energía para extraer calor del aire que captan en el exterior y cederlo al interior. Los mismos son conocidos popularmente por su aplicación como aires acondicionados.

¹⁵ Por reemplazar los reflectores de 150 W por las lámparas de 32 W.

Son especialmente eficientes las máquinas con tecnología Inverter, que incluyen un control electrónico de la potencia que reduce su consumo. También conviene asegurarse de que la máquina tenga la clase de eficiencia energética A para mayor rendimiento. Respecto de la tecnología actual, representa un incremento del **85%** de la eficiencia estacional¹⁶.

Dicho dispositivo operará tomando el aire ambiente. Existe una alternativa más eficiente que es la bomba de calor geotérmica, la cual trabaja aprovechando el calor existente en la tierra en lugar del aire. A tres metros bajo la tierra se puede hallar una temperatura constante entre 10 y 16 °C dependiendo de la latitud. Sin embargo, se descarta esta opción debido a que la no es posible replicarlos en la mayoría de las escuelas públicas de la ciudad.

Esta tecnología permite también solucionar la falta de refrigeración durante los meses de verano, la cual actualmente es inexistente en el establecimiento. Es posible entonces atacar los componentes de la climatización con un único sistema: HVAC¹⁷ (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

El cambio de tecnología representa una considerable inversión inicial. Sin embargo, habrá un ahorro muy importante en el mantenimiento de los equipos, de aproximadamente \$12.000 anuales. Dado que el sistema actual comprende una caldera generadora de vapor, la misma tiene muchos mantenimientos con frecuencia semanal, mensual, trimestral, anual y cada 10 años; dependiendo de la tarea. Considerando también que la misma tiene más de 30 años en operación.

Otro punto importante en el mantenimiento, es el sistema de distribución. Como se explicó a la hora de analizar la situación actual, la calefacción se realiza mediante numerosos intercambiadores de calor localizados en los ambientes. Los mismos deben ser reparados frecuentemente debido a pérdidas que tienen como consecuencia de la fatiga de los materiales.

El problema de esta tecnología es que solamente puede ser instalada en el techo del edificio debido a los requerimientos de espacio de los equipos. Según cálculos estimativos serán necesarias 120 TR¹⁸. Luego de una investigación de mercado pudo determinarse que los equipos de sistema “rooftop” frío calor por bomba tienen una capacidad nominal de 20 TR¹⁹. Por lo cual se necesitarán 6 de los mismos pesando en su conjunto 6,126 Ton y ocupando un área de más de 60 m².

¹⁶ Rendimiento que proporciona el generador de calor a lo largo de toda la campaña de invierno (rendimiento en función de las condiciones variables de demanda y funcionamiento de una instalación real).

¹⁷ Por sus siglas en inglés: Heat, Ventilating and Air Conditioning.

¹⁸ Tonelada de refrigeración.

¹⁹ http://www.surrey.com.ar/productos/com_rooftop_10_a_30.htm

Esto hace que la alternativa no sea factible. El techo tiene actualmente serios problemas estructurales debido al particular sistema de drenaje que emplea, siendo difícil entonces que soporte tanta carga. En la siguiente imagen puede apreciarse lo mencionado:



Figura 5-78: Vista del desagüe pluvial en la terraza.

5.3.2 Quemadores

Como pudo apreciarse en la escuela modelo, la misma cuenta con quemadores de gas para generar el aire caliente para climatizar la escuela. Se encuentran instalados 5 quemadores por piso, los cuales calientan el aire que pasa por los ductos como puede apreciarse en la figura 79:



Figura 5-79: Quemadores funcionando.

Se encuentran ubicadas en 2 salas separadas por piso, con acceso limitado al personal correspondiente. Las mismas operan con gas natural.

Para la aplicación de dicha tecnología en la escuela sería conveniente instalar una menor cantidad de quemadores, pero de mayor capacidad. Esto se debe a que la obra para adaptar los nuevos equipos será mucho menor, debiendo construir una sola sala por piso para alojar los equipos.

Lo ideal sería instalar un único quemador de 250.000 Kcal/h²⁰ para todo el edificio. Esto representa una menor potencia con respecto a la caldera actual de 320000 Kcal/h. Para la incorporación equipos EQA 91-25 y su instalación será necesaria una inversión inicial de aproximadamente \$100.000.

Tal como se mencionó anteriormente, habrá un ahorro importante en el mantenimiento. En este caso será de \$10.000 anuales respecto de la caldera utilizada actualmente.

Este tipo de tecnología representa un incremento de la eficiencia estacional del 35%, mucho menor que en el caso de las bombas de calor. Sin embargo, es técnicamente factible su realización.

Para la propuesta se requerirán 208.050 Kcal/h pero dado que la empresa EQA S.A.I.C. cuenta con 200.000 o 250.000, se optó por el de mayor potencia para tener un margen de operación. Sin embargo, debido al termostato determinado, la potencia efectiva será la calculada.

Para calcular la tarifa del gas, se acudió a Metrogas y se verificó que la escuela entra dentro de la categoría “Servicio General P”²¹. El costo por m³ que se tomó de Metrogas es de \$0,36.

5.3.3 Colector Solar

Un colector solar es un dispositivo que capta la energía solar y la transfiere a otro medio. En éste caso un colector solar podría ser empleado para precalentare el agua que ingresa a la caldera, como un economizador.

Esta es una alternativa simple para mejorar la eficiencia si se decide continuar con el sistema de calefacción actual. El mismo debería ser instalado en una superficie con abundante luz solar, en el caso de la escuela en estudio en la terraza. La circulación en este caso será forzada, debiendo instalar una bomba centrífuga para vencer la contrapresión de la columna de agua.

²⁰ 860,42 Kcal/h equivalen a 1 kW.

²¹ El servicio para usos no domésticos (excluyendo Estaciones de GNC y Subdistribuidores) en donde el Cliente no tendrá una cantidad contractual mínima y no es atendido bajo un Contrato de Servicio de Gas.

5.4 Terraza

Como pudo apreciarse durante la visita, el área de la terraza se encuentra totalmente inutilizada. La misma cuenta con dos habitaciones techadas las cuales utiliza para almacenar bancos viejos y otros artículos escolares sin uso.



Figura 5-80: Vista de la terraza.

Dicho espacio puede ser utilizado para distintos fines, por ello se propondrán diferentes alternativas que intentarán fomentar el cuidado del ambiente por parte de los alumnos.

Una de las propuestas es instalar equipos generadores de energía:

- Paneles solares.
- Molinos de viento.
- Colector solar para pre-calentar el agua.

Mientras que otras propuestas son más simbólicas y con menor utilidad técnica, como la creación de una cubierta verde.

Las mismas pueden realizarse simultáneamente, utilizando el gran área de aproximadamente 1.200 m^2 ²² que abarca la terraza.

Las alternativas de aprovechamiento de energías renovables son más interesantes técnicamente, particularmente la utilización de un colector solar para pre-calentar agua

²² 60 metros de largo por 20 metros de frente.

se analiza en la sección de calefacción. Dependen de las condiciones climáticas para su generación. Dado que muchos establecimientos del plan 60 escuelas se encuentran rodeadas por edificios, será difícil su replicación en los mismos.

Mientras que las propuestas más simbólicas pueden servir para causar impacto visual en los concurrentes de la escuela, generando conciencia por el cuidado del planeta, el objetivo es lograr hacer de la terraza un “espacio verde” que promueva la ecología y la vida sana. Esta idea ya fue ejecutada por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en la escuela primaria N°6 D.E. 01 “French y Beruti”:



Figura 5-81: Implementación exitosa de una terraza verde.

5.5 Paneles Solares

Los paneles solares son cada vez más difundidos en el mercado. Su demanda ha crecido como producto de la mayor concientización que tienen las personas, aplicando dicha tecnología a los hogares.

Uno de los problemas que tiene esta tecnología es la alta inversión requerida. En el mercado pueden adquirirse paneles de 120 W a un precio de \$3.000, dicha potencia es menor que la requerida 4 tubos fluorescentes que actualmente se encuentran instalados. Sin embargo, podrán adquirirse 3 de ellos, con un costo de mantenimiento aproximado de \$900 anuales.



Figura 5-82: Panel solar.

5.6 Molinos de Viento

El caso de los molinos de viento para generación eólica es similar al de los paneles solares. Requieren una alta inversión, mientras que no otorgan una gran potencia. Es posible encontrar en el mercado equipos generadores de 600 W por \$12.000. Es técnicamente factible su instalación. Se planea adquirir una unidad con un costo de mantenimiento aproximado de \$500 anuales.



Figura 5-83: Molino de viento.

5.7 Cubierta Verde²³

Para el estudio de este aspecto, se tomó como base la experiencia del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires para construir una cubierta verde el techo de una escuela primaria.

Una cubierta verde es un sistema que permite el crecimiento de vegetación en la parte superior de una estructura impermeable de techos, terrazas o azoteas de edificios. Las cubiertas verdes se dividen básicamente en dos categorías: extensivas e intensivas. Las extensivas son livianas, de bajo mantenimiento y generalmente inaccesibles. Las cubiertas verdes intensivas, en cambio, son accesibles, generan espacios de uso exterior.

Estas últimas son objeto de estudio para la escuela. Requieren de sustratos de mayor espesor, ya que alojan una variedad de plantas, desde comestibles y arbustos, hasta en algunos casos árboles. Estas cubiertas precisan de una estructura de soporte estructural reforzada, y requieren mucho más mantenimiento e irrigación.

Para materializar una cubierta verde debe incluirse como mínimo los siguientes aspectos:

- Membrana impermeable, que impide el paso de humedad hacia el interior de la estructura del edificio
- Barrera anti-raíces, que controla el paso de raíces que pudieran perforar la capa protectora impermeable.
- Sistema de drenaje, que facilita el escurrimiento del agua sobrante hacia los desagües.
- Capa de filtración, que contiene el sustrato y protege el drenaje de la presión ejercida por las capas superiores, impidiendo también el filtrado de materia orgánica lixiviada.
- Medio de crecimiento o sustrato, que brinda soporte físico a la vegetación y proporciona los nutrientes necesarios, agua y oxígeno para su desarrollo. Esta es la capa constructiva con mayor impacto en el peso total de la cubierta verde.
- Cubierta vegetal, que conforma el componente vivo del sistema, compuesto por plantas adaptadas a las condiciones físicas y microclimáticas en las que deberán crecer.

Mientras que las mismas proporcionan los siguientes beneficios:

²³ Cubiertas verdes en edificios públicos. Informe técnico. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Marzo 2012

- Mejoran el aislamiento térmico, reduciendo el consumo de energía para enfriamiento y calefacción y las emisiones finales de CO₂.
- Pueden duplicar o triplicar la vida útil de la membrana hidrófuga de una cubierta al eliminar la contracción y expansión de la misma por exposición al sol y a cambios de temperatura.
- Retienen agua de lluvia, disminuyendo el caudal que llega a la red pluvial.
- Filtran el polvo y la contaminación, mejorando la calidad de aire de la ciudad.
- Representan un hábitat para diferentes especies nativas o migratorias, particularmente insectos y pájaros.
- Disminuyen la temperatura de parte de las superficies urbanas, moderando el efecto “isla de calor”, particularmente en los meses de verano.
- Mejoran el valor estético y la calidad visual de los edificios que lo rodean.
- Contribuyen a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Las mismas tienen un costo de instalación de \$900 por metro cuadrado. Debe también considerarse el mantenimiento, el cual tiene un costo aproximado de \$90 por metro cuadrado anual, el mismo comprende:

- Mantenimiento de elementos constructivos.
- Mantenimiento de la vegetación.
- Control de plagas y enfermedades.
- Limpieza.
- Control de erosión de sustrato.



Figura 5-84: Terraza verde.

5.8 Cobertura del edificio

5.8.1 Paredes

Cuando se habla del tema de aislación térmica en la industria de la construcción, se tiene en cuenta en mayor medida el concepto de valor R^{24} (del inglés *R value*) que el de la conductividad térmica de un material, si bien son conceptos relacionados. El valor R es una medida de la resistencia térmica a lo largo de un material determinado, mientras que el valor U es la inversa del valor R. Existen algunos materiales para los cuales la conductividad térmica depende del espesor de los mismos. El gradiente térmico no es del todo lineal y es por esto que es más apropiado hablar de valor R. Aun así, para el presente trabajo, se supone que la variación de temperatura a lo largo de un material aislante sigue un comportamiento lineal. El valor R de un material depende de su naturaleza, del espesor y de la densidad del mismo. Mientras más alto sea el valor R de un material, más efectivo será el mismo como aislante.

Las paredes son un importante aspecto a mejorar ya que son un elemento pasivo fundamental para el ahorro energético. La propuesta es incluir una pared interna compuesta por corcho adquirido en forma de rollos. Esto no sólo mejoraría el valor R de la pared sino que tiene otras ventajas que exceden lo meramente energético. Son excelentes aislantes acústicos, son impermeables, imputrescible (impide la formación de hongos y/o microorganismos con lo que se mejoraría la calidad del aire), requieren muy poco mantenimiento, su instalación es sencilla debido a que la mayoría hoy viene con un sistema de autoadhesivo y pueden usarse para colgar dibujos o trabajos de los alumnos. El ambiente y la motivación en la escuela también mejorarían. Otra razón por

²⁴ Representado mediante la letra R. En el anexo se encuentra detallada la fórmula correspondiente.

la cual se eligió este material es que el mismo es un producto natural y se tuvo en cuenta el concepto de sustentabilidad para su utilización, existiendo otras opciones como fibra/lana de vidrio o poliestireno expandido que son más contaminantes y/o provienen de recursos no renovables.



Figura 5-85: Superficie de corcho.

Las dimensiones de las paredes se tratarán a continuación. La cara oeste se encuentra la entrada del edificio, y, así como la que da al este, comprende una superficie de 240 m² (12 m x 20m), con una superficie de vidrios de 36 m² (porcentaje de un 15%). Para la cara norte como la sur, la superficie es de 600 m² (60 m x 10 m), con una superficie vidriada del 40%. La superficie que no vidriada es de hormigón armado (con 30 cm de espesor) con ladrillos a la vista (de espesor de 10 cm), como se comentó. Para obtener el valor R total de las paredes (que es aditivo) se tuvo en cuenta tanto el del hormigón²⁵ como el de los ladrillos²⁶. Para la propuesta se le adicionó la plancha de corcho²⁷ en forma de rollos, valor que se obtuvo a partir de su correspondiente conductividad térmica y espesor.

El costo total estimado para la adquisición e instalación del corcho en los 1.680 m² (incluida la mano de obra) es de \$350.000. Los ahorros estimados anuales de mantenimiento son de \$1.000 (limpieza y pintura). Todos estos valores se ingresaron en el software como se detalla en el anexo.

²⁵ Valor obtenido a partir del manual “American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers' Handbook” del año 1993.

²⁶ Calculado a partir de fórmula.

²⁷ Calculado a partir de fórmula.

5.8.2 Vidriado

Los vidrios actualmente presentan un espesor de 5 milímetros con una lámina de polímero intermedia para que en caso de rotura se prevenga una lesión por culpa de puntas afiladas ya que el vidrio roto queda adherido al polímero. Como se comentó, durante el relevamiento se pudo observar que una gran cantidad de ventanas estaban abiertas hacia el exterior. En este caso, la propuesta está enfocada en concientizar y educar a los profesores y al supervisor. Paralelamente se propone incorporar doble vidrio hermético (DVH de aquí en adelante) con un espacio de aire seco estanco entre ambos vidrios. Además de mejorarse la aislación, se reduce significativamente el ingreso de ruidos del exterior y se elimina la condensación interna debido a una mayor temperatura del vidrio interior. Si se utilizan los vidrios correspondientes, se cumplen con los requisitos necesarios para una escuela de vidrioado de seguridad. A continuación se ve la imagen 86 luego del impacto de una bola en un ensayo y cómo queda el vidrio luego del mismo:



Figura 5-86: Ensayo con vidrio laminado.

La ilustrativa imagen 87 muestra la mejora en el valor U del DVH:

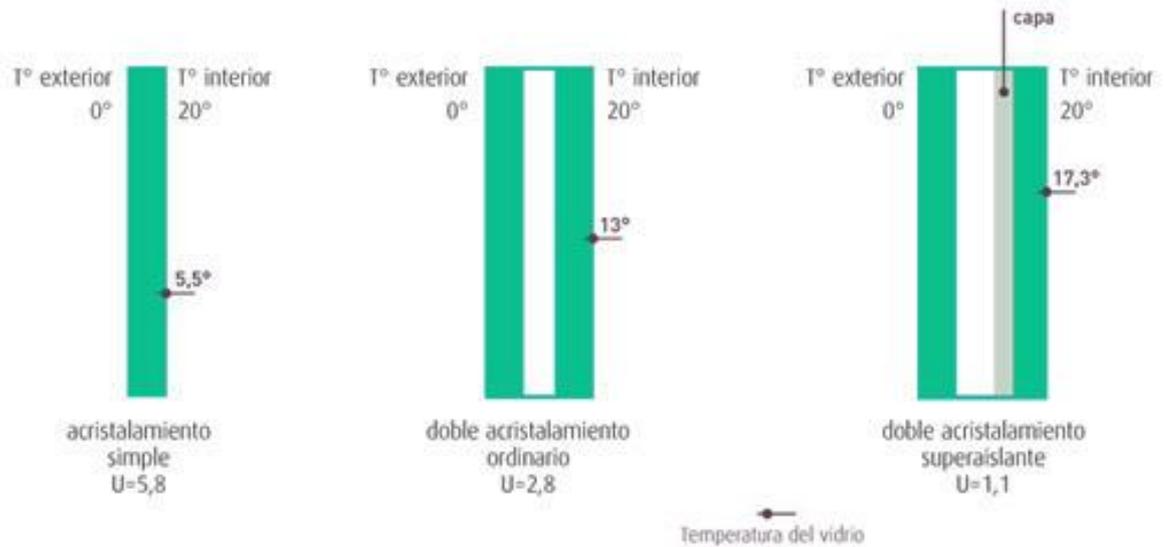


Figura 5-87: Mejora de aislamiento con DVH.

El vidrio a implementar tiene las siguientes características:



Figura 5-88: Detalle del vidrio a implementar.

El mismo posee una lámina de seguridad de PVB (butiral de polivinilo) entre dos hojas de vidrio de 4 mm de espesor cada una, espacio de aire de 12 mm y finalmente una hoja de vidrio de 6 mm que lógicamente da hacia el exterior.

El costo de adquisición e instalación se encuentra en torno a los \$800.000. En tanto el ahorro se da en calefacción principalmente. El mantenimiento no varía debido a que se debe limpiar el mismo de la misma manera con la ventaja de que no condensa agua en la cara interna. Otro beneficio es el de la calidad de vida y confort dentro de la

institución, que no se puede cuantificar en términos económicos. El cuadro resumen con la mejora en el valor R para la propuesta se puede ver en el anexo.²⁸

5.9 Temporizadores de apagado

Hoy la escuela cuenta con un sensor de corte automático de electricidad. Sin embargo, el mismo no funciona o el personal no está capacitado para utilizarlo, razón por la cual está sin uso. El tablero que se muestra a continuación tiene la perilla girada hacia “Apagado”. Lamentablemente, no se puede visualizar correctamente debido al flash de la cámara:

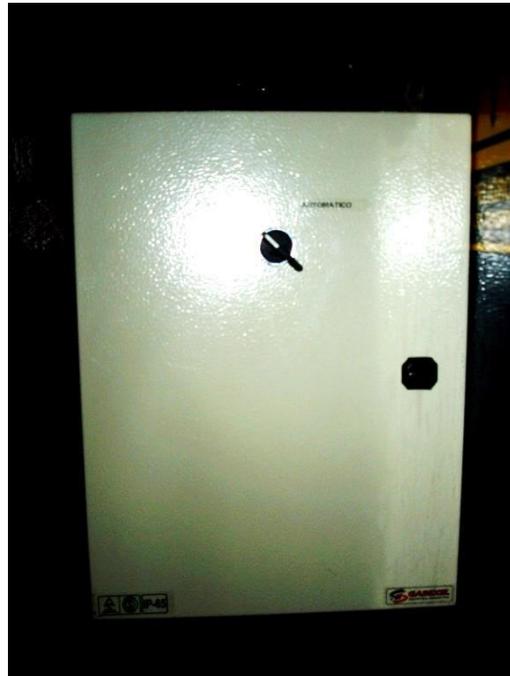


Figura 5-89: Tapa del temporizador de apagado.

Existen distintos tipos de temporizadores eléctricos:

- Térmicos
- Neumáticos
- De motor síncrono

²⁸ El área vidriada no varía por lo que el porcentaje sobre la superficie total de la pared permanece constante.

- Electrónicos

La propuesta es implementar uno electrónico en donde se lo pueda configurar del modo que se desea y el único cambio del mismo sobreviene cuando inicia el período de vacaciones ya que la batería cuenta con una autonomía de 6 años. El mismo se presenta en la figura 90:



Figura 5-90: Temporizador de apagado.

Este dispositivo cuenta con una configuración para geolocalizar el mismo mediante coordenadas geográficas de latitud y longitud. Su instalación es muy simple²⁹ y puede ser realizada por cualquier electricista matriculado.

El costo estimado de compra e instalación es de unos \$3.000. Es un costo bajo en comparación con el ahorro que se puede lograr de energía.

5.10 Cuidado del agua

Hoy se desaprovechan grandes volúmenes de agua en la escuela. Uno de los objetivos del trabajo es minimizar el consumo de este recurso mediante una serie de propuestas. Una propuesta es implementar mochilas de los inodoros con doble descarga y

²⁹ El diagrama de conexión eléctrica se muestra en el anexo.

enseñarles a los alumnos cómo utilizarlos. El modelo propuesto³⁰ se presenta a continuación:



Figura 5-91: Inodoro propuesto.

Otra propuesta, en línea con lo mencionado anteriormente, es aprovechar el agua del lavamanos para reutilizarla en los inodoros. La instalación se haría en conjunto con la instalación del inodoro propuesto. El concepto³¹ se ilustra en la figura 92:

³⁰ Modelo encontrado la página web de Deco Hogar. Dirección URL se encuentra en la bibliografía.

³¹ Se basó en el sistema AQUIS para tomar los datos para el estudio.



Figura 5-92: Instalación para reutilizar agua.

Es importante que sólo se añada una línea en paralelo ya que si se descarga agua por el lavamanos una vez que la mochila se encuentra llena, la misma rebalsaría. Por otro, lado debe garantizarse un caudal a la mochila para evitar que la misma se quede sin agua. Es decir, debe haber flexibilidad para los dos escenarios que podrían presentarse:

1. El ritmo promedio de descarga del inodoro es mayor al del lavamanos. En este caso el inodoro se abastecería de agua de red para evitar que el depósito se quede sin agua.
2. El ritmo promedio de descarga del inodoro es menor al del lavamanos. Aquí, parte del agua del lavamanos se deberá ir por el desagüe indefectiblemente.

Existe una tercera condición ideal en la que ambos caudales promedio de descarga son iguales. Esta situación no se considerará como factible ya que se está hablando de promedios y no de valores instantáneos.

Cada alumno consume unos 20 litros por tirar la cadena del inodoro. Esto se traduce en un consumo de 60 litros por día por alumno solamente por utilizar el inodoro. Los ahorros de agua gracias a estos sistemas combinados se resumen en la tabla 4:

Valores anuales en litros	Consumo anual	Ahorro por doble descarga	Ahorro por aprovechamiento del agua del lavamanos	Ahorro total
Por alumno (litros)	10.000	6.000	2.500	8.500
Total (litros)	5.850.000	3.510.000	1.462.500	4.972.500

Tabla 5-4. Ahorros estimados de agua.

Para implementar ambos sistemas, se requiere una suma de unos \$100.000. Dentro de este costo se encuentra el de compra de los 30 inodoros de la escuela, las cañerías necesarias para las conexiones y la mano de obra requerida para la instalación. Los ahorros no son significativos en términos económicos para la escuela dado que AySA no cobra el costo real del agua por una serie de motivos que escapan al análisis del trabajo. Sí existe un ahorro en el bombeo de semejante volumen de agua y en el tratamiento de la misma que realiza dicha empresa.

5.11 Computadoras

Para el laboratorio de computadoras se propondrá reemplazar las existentes por modelos All-in-One³² con un consumo de sólo 90 W. Las existentes tienen un consumo de 700 W, por lo que habrá una mejora significativa. El costo de la PC All-in-One propuesta es de \$4.200, es decir el costo total con las 16 computadoras existentes en la escuela es de \$67.200. El ahorro en potencia es de 610 W. Debido a que actualmente las computadoras quedan encendidas durante la noche, el ahorro energético es más radical. En el anexo se puede ver lo mencionado.

Las computadoras nuevas tienen menor mantenimiento por menores roturas, por lo que el ahorro en operación y mantenimiento se estima en \$2.000. Otra ventaja de estas máquinas es que ocupan menor espacio al estar integrado el monitor con la CPU.

³² Modelo Compaq 18-3304la de HP. Link URL de datos técnicos en bibliografía.

6. Instalación de equipamiento

6.1 Iluminación

El reemplazo de la iluminación interna es una operación simple, pudiendo ser realizada por cualquier electricista matriculado.

A continuación se muestra el método de cambio de conexión, el cual es realizado en dos simples pasos. Se estima que el profesional puede tardar aproximadamente 15 minutos por dispositivo.

Paso 1: Quitar el tubo fluorescente, unir los dos cables que llegan a la reactancia en el mismo contacto y quitar el cebador (cortando uno de los cables del cebador se anula totalmente).



Figura 6-93: Paso 1 de la conexión.

Paso 2: Conectar la fase (cable gris) a un extremo del portatubos (2 patas metálicas) y el neutro (cable azul) al otro extremo del portatubos (las dos patas metálicas del otro extremo del tubo).

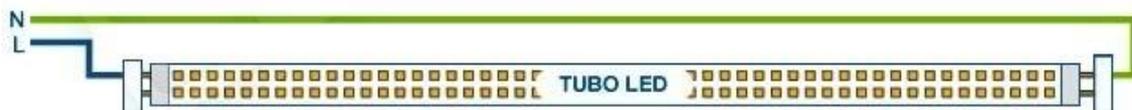


Figura 6-94: Paso 2 de la conexión.

La mejora propuesta no requiere ningún tipo de obra, siendo posible realizar el cambio durante cualquier período del año. Lo mismo ocurre con la iluminación exterior.

6.2 Calefacción

Comprende tanto la anulación del sistema actual de la caldera, como la instalación del nuevo equipo. La remoción actual es simple, requiere el cerrado de las válvulas. Queda por cuenta del gobierno decidir la remoción o no de la caldera.

Para la instalación del quemador será necesario modificar los ductos existentes para colocar el módulo quemador, tal cual puede apreciarse en la imagen 95:



Figura 6-95: Instalación de los quemadores.

La diferencia será que solamente habrá uno por lo cual la obra será menor. Será necesario asilar el quemador en una sala restringida, para que sólo el personal autorizado pueda acceder, y evitar posibles accidentes.

Se estima que la obra completa durará 2 meses, pudiendo ser concretada durante los meses de vacaciones escolares.

6.3 Terraza

Para lograr aprovechar el espacio disponible en la terraza será primero necesaria una refacción general de los pisos. El sistema de drenaje implica que el agua que cae sobre la superficie penetre el espacio libre entre las baldosas, siendo la misma guiada hacia el desagüe pluvial finalmente.



Figura 6-96: Drenaje pluvial.

El problema con este sistema es que al romperse las baldosas se generan cavidades en el piso que pueden generar lesiones, lo cual implica un gran riesgo tratándose de niños.

Por lo tanto, antes de permitir la circulación de personas se deben sustituir todas las baldosas que se encuentren en riesgo de romperse, así como sustituir las faltantes. Esta tarea puede demorar como máximo una semana, pudiéndose realizar en cualquier momento del año.

6.4 Cubierta Verde³³

En base a la experiencia previa del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires al instalar una cubierta verde, se pudieron definir claramente los pasos para su implementación. Cabe aclarar que fue realizado sobre otra de las escuelas del plan de Cacciatore, por lo cual la terraza original del edificio mantenía las mismas características constructivas.

Los pasos para la instalación de la cubierta verde son los siguientes:

³³ Cubiertas verdes en edificios públicos. Informe técnico. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Marzo 2012

1. Remover el piso actual (baldosas y sus respectivos soportes).



Figura 6-97: Terraza descubierta.

2. Acondicionar el piso actual conservando la membrana existente.



Figura 6-98: Piso acondicionándose.

3. Impermeabilizar. Colocar una membrana de PVC de 1mm. de espesor, soldada por termofusión con soplete.



Figura 6-99: Piso impermeabilizado.

4. Capa drenante y detalles de desagüe. Sobre la membrana terminada se coloca un manto geotextil de 150 gr. /m² como protector de la tracción, con el fin de proteger a la aislación de acciones mecánicas.

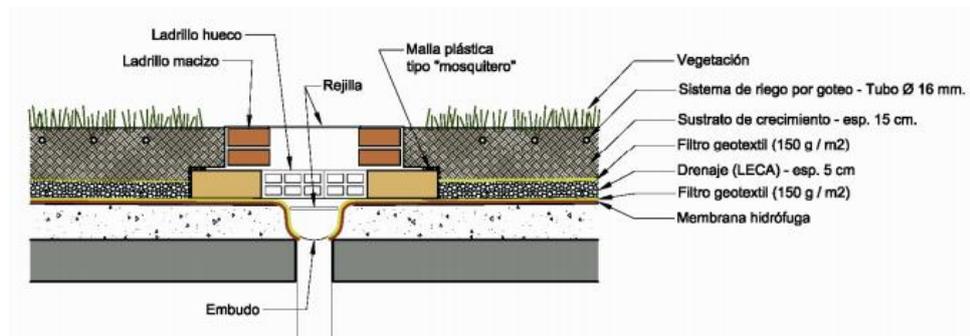


Figura 6-100: Estratificación del suelo.

5. Sustrato. Sobre este segundo manto de membrana geotextil se colocan 15 cm. de sustrato especial compuesto de:

- 40% Tierra Negra
- 24% Resaca de Río
- 6% Musgo
- 6% Turba
- 17% Corteza de Pino
- 7% Perlita



Figura 6-101: Sustrato sobre la terraza.

6. Sistema de riego. Se incorpora un sistema de riego por goteo automatizado con controlador programable, que permite el riego automático y controlado de la cubierta. El sistema de riego aporta entre 5 y 6 litros de agua por hora por metro cuadrado.



Figura 6-102: Sistema de riego instalado.

7. Plantado de especies vegetales. Una vez instalado y testeado el sistema de riego, se procede a la colocación de plantines y los panes de pasto. Es importante no mantener el sustrato descubierto sin cobertura vegetal.



Figura 6-103: Plantines a plantar.

8. Detalles de borde y terminación. Se incorpora un borde libre de vegetación de 40 cm. de ancho por 15 cm. de espesor.



Figura 6-104: Detalles de los bordes.

6.5 Cobertura del edificio

6.5.1 Paredes

Se requiere de un trabajo de albañilería para la instalación de las planchas de corcho. Las herramientas necesarias son las siguientes:

- Metro flexible
- Cutter
- Cordel para marcar
- Maza de goma
- Lijadora
- Guantes
- Nivel



Figura 6-105: Instalación de la cobertura.

Las paredes deben estar secas, lisas y bien limpias. Se debe lijar la pared y acondicionarla para poder adherir la plancha con el autoadhesivo con el que viene de fábrica. El trabajo demandará unos 5 días con 3 albañiles.

6.5.2 Vidriado

En cuanto al vidriado, el encargo del producto debe ser realizado con anticipo. Ekoglass®³⁴ establece que el pedido debe realizarse con 20 días de anticipación.



Figura 6-106: Instalación del vidriado.

Para la instalación integral se requerirá de un mes, motivo por el cual la misma deberá ser realizada durante el período vacacional.

6.6 Temporizadores de apagado

La instalación de los mismos demanda poco tiempo, ya que la conexión es sencilla como se detalla en la siguiente figura:

³⁴ Red de fabricantes de DVH con proceso certificado.

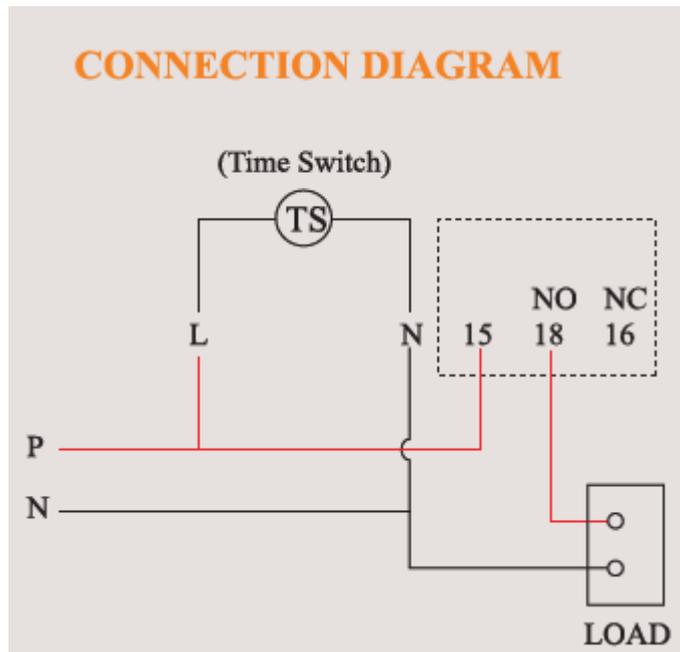


Figura 6-107: Conexión del temporizador de apagado.

Cabe mencionar que P viene del inglés “phase” que es el cable de línea, cuando N es el neutro. El tiempo de instalación depende del electricista, pero se estima que en una tarde se puede realizar la misma, teniendo conocimiento del circuito eléctrico.

6.7 Cuidado del agua

Para el trabajo de plomería se requiere una correcta planificación desde la fase de diseño del proyecto. Es importante asesorarse con un maestro plomero con experiencia para que pueda realizar el trabajo de la mejor manera posible.

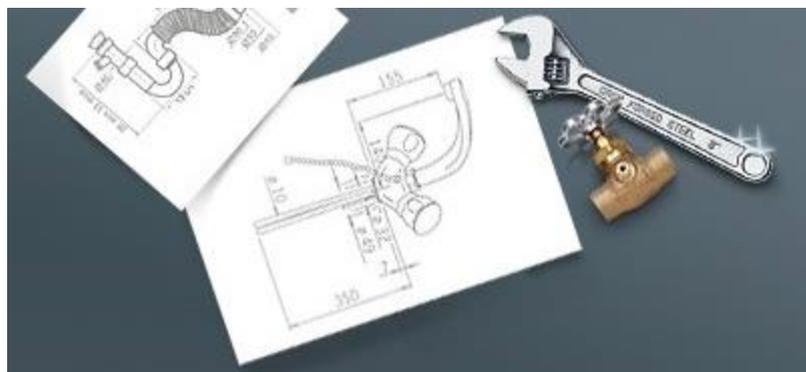


Figura 6-108: Planos de plomería.

Una vez establecida la manera en la cual se realizará la implementación, se procederá a ejecutarla. La instalación del sistema de aprovechamiento del agua del lavamanos lleva 1 hora por inodoro; mientras que la instalación del mismo demanda otra hora. Con estos datos, se estima una carga de 60 horas-hombre para la instalación que optimizará el uso del agua.

6.8 Computadoras

La instalación de las computadoras es una tarea amena que puede realizar incluso el mismo supervisor. Si bien demanda cierto tiempo (son 16) las mismas podrán ser instaladas con éxito al cabo de un día.

6.9 Diagrama de Gantt

A continuación se presentará el diagrama de Gantt del proyecto a implementar. Se logra visualizar mejor la ejecución de las tareas de esta manera. Cabe aclarar que se supuso que sábado y domingos no se trabajará en el proyecto y que, comenzando el 2 de enero de 2015 el mismo finalizaría el 25 de marzo del mismo año. Es interesante plantear esta fecha debido a la coincidencia con las vacaciones de verano en la escuela. Debido a la extensión del diagrama, se representará el mismo ordenado por grupo de tarea para una mejor visualización. Hubo ciertos casos (como la calefacción) en donde fue necesario recortar la extensión para mejorar la visualización. En estos casos, se tuvo especial cuidado de que las tareas tengan continuidad.

6.9.1 Iluminación

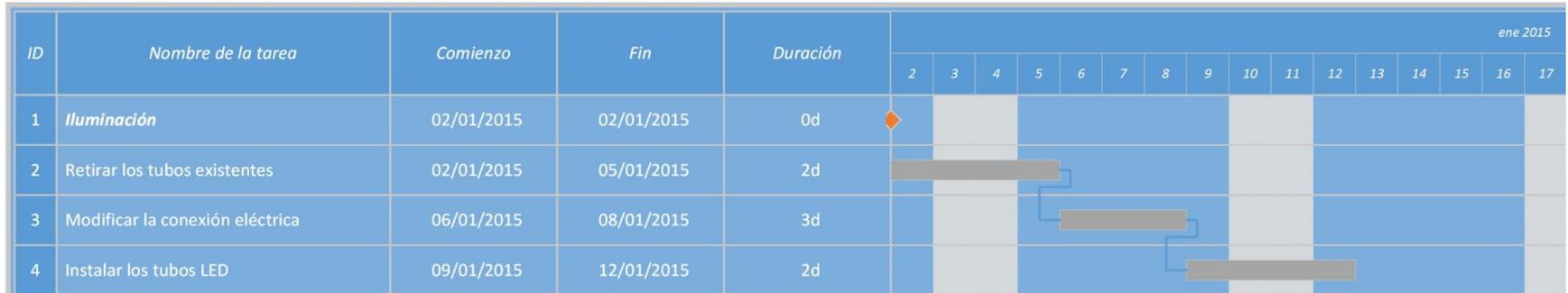


Tabla 6-5: Diagrama de Gantt de la iluminación.

6.9.2 Calefacción

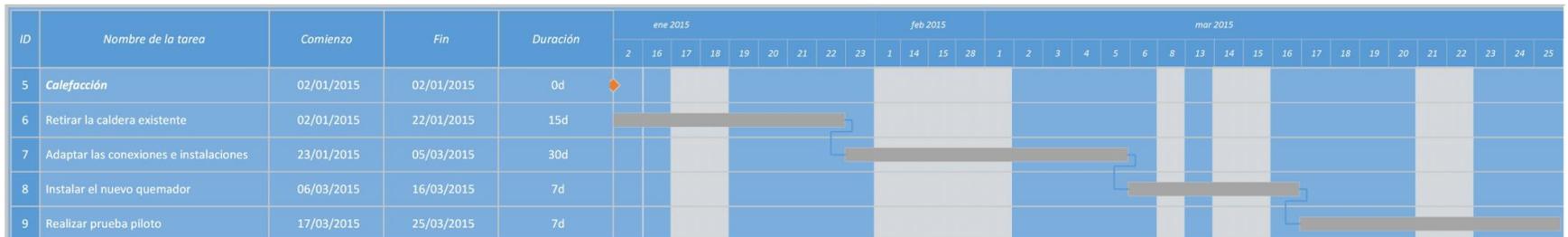


Tabla 6-6: Diagrama de Gantt de la calefacción.

6.9.5 Temporizador de apagado

ID	Nombre de la tarea	Comienzo	Fin	Duración							
					2	3	4	5	6	7	
26	Temporizador de apagado	02/01/2015	02/01/2015	0d	◆						
27	Instalación del temporizador	02/01/2015	02/01/2015	1d	■						

Tabla 6-9: Diagrama de Gantt del temporizador de apagado.

6.9.6 Cuidado del agua

ID	Nombre de la tarea	Comienzo	Fin	Duración							
					2	3	4	5	6	7	
28	Cuidado del agua	02/01/2015	02/01/2015	0d	◆						
29	Colocar inodoros	02/01/2015	05/01/2015	2d	■	■	■	■			
30	Instalar el sistema de aprovechamiento del agua del lavamanos	06/01/2015	07/01/2015	2d					■	■	

Tabla 6-10: Diagrama de Gantt del cuidado del agua.

6.9.7 Computadoras

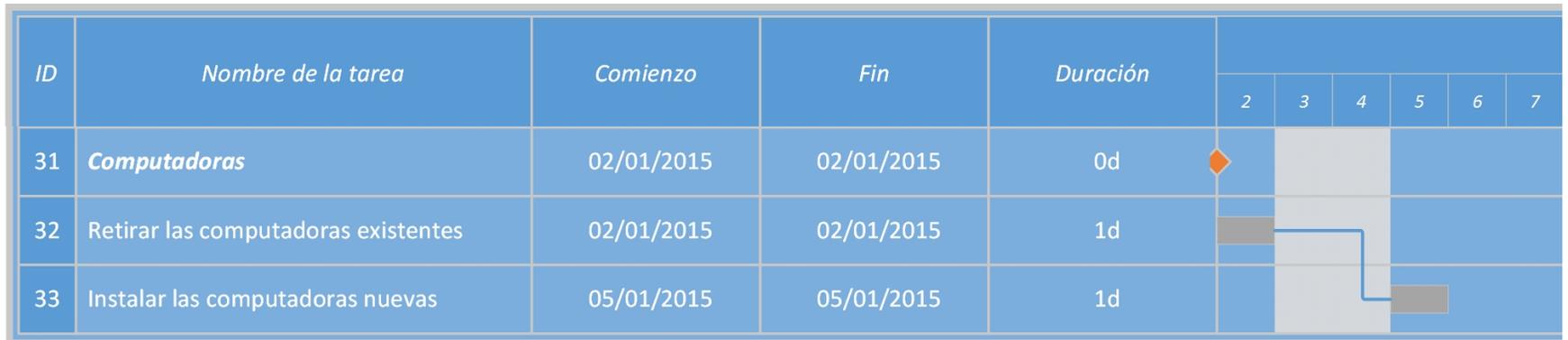


Tabla 6-11: Diagrama de Gantt de las computadoras.

6.9.8 Diagrama completo

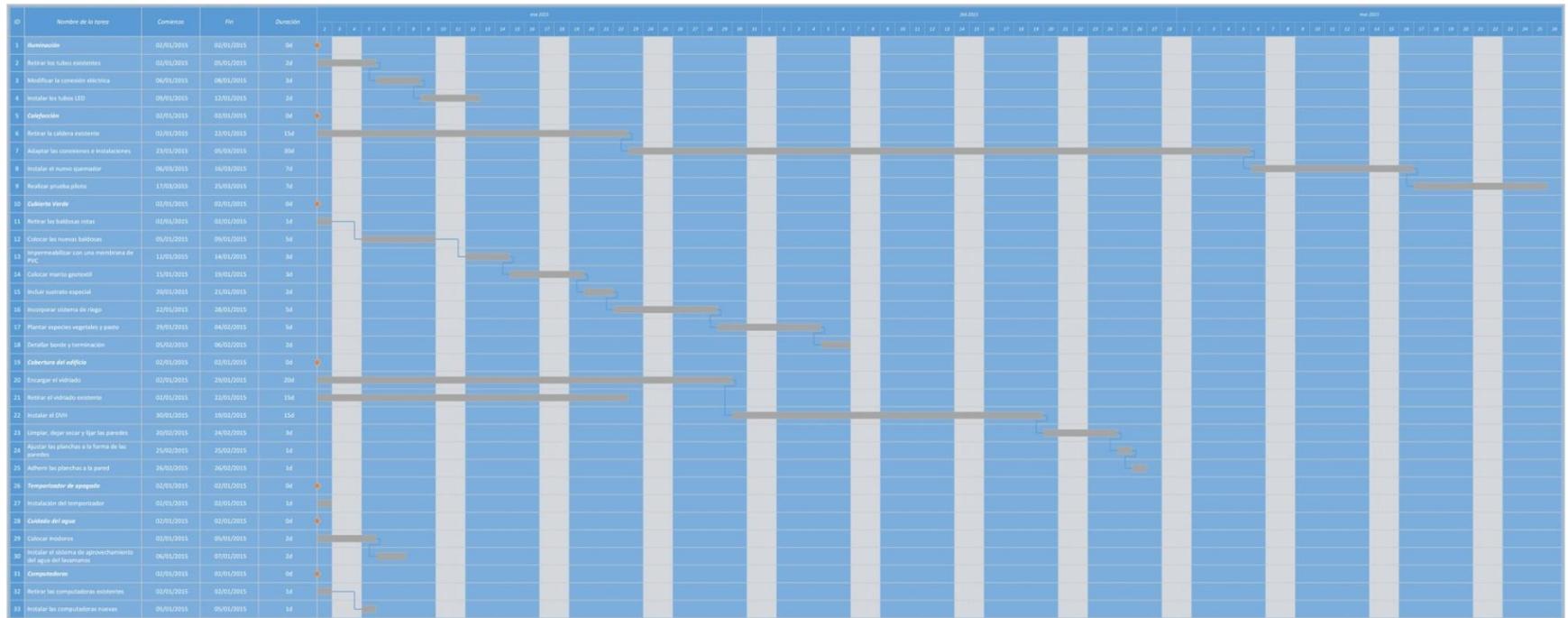


Tabla 6-12: Diagrama de Gantt completo.

7. Certificación LEED

La certificación LEED³⁵ es un programa que reconoce estrategias y mejores prácticas en la industria de la construcción. Se usa la misma tanto para construcciones nuevas como para refacciones importantes. Para obtener esta certificación, los proyectos deben satisfacer ciertos requisitos previos y sumar una cierta cantidad de puntos para alcanzar distintos niveles o escalas en la certificación. Existen distintos sistemas de puntaje en función de la naturaleza del proyecto a implementar; es decir LEED tiene la flexibilidad como para ser aplicada a un gran número de proyectos. Existen 5 sistemas de puntaje, como se ve en la figura 109:



Figura 7-109: 5 distintas categorías.

Para el presente proyecto, aplica el sistema de “Building Design and Construction”³⁶ (BD+C) ya que se llevará a cabo una renovación importante.

Existen 4 niveles de certificación. En función de la cantidad de puntos que se hayan obtenido se entrará en una u otra categoría. Cabe mencionar que la certificación es el último proceso dentro de toda la etapa del proyecto.

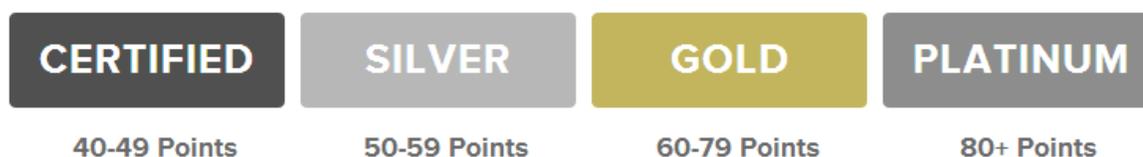


Figura 7-110: Niveles de certificación.

³⁵ Del inglés Leadership in Energy & Environmental Design

³⁶ En el anexo se detalla para qué casos es aplicable este sistema.

Existen una serie de categorías para las cuales se deben cumplir ciertos prerequisites obligatorios. Las categorías³⁷ que se consideran son:

- Sitios sustentables
- Eficiencia en el uso del agua
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad ambiental interior
- Innovación en el diseño
- Prioridad regional

Estudiados los ítems uno por uno a considerar, se completó un checklist³⁸ para evaluar cuántos puntos se obtendrían teóricamente en la propuesta planteada. Como se puede apreciar en la tabla 5 del anexo, se obtendrían idealmente 35 puntos. Faltarían 5 para poder llegar a una certificación LEED y, si bien hay formas de llegar a certificarse fácilmente, se deja la propuesta para un análisis que escapa al presente proyecto.

³⁷ Para cada una se detalla en el anexo los distintos prerequisites y los elementos que otorgan puntos a favor.

³⁸ Presente en el anexo.

8. Factibilidad económica-financiera

Para el estudio de la factibilidad económica-financiera se realizó un flujo de fondos, el cual fue luego evaluado analizando el Valor Actual Neto (VAN) y el período de repago descontado.

Antes de mostrar los resultados se explicará la metodología empleada y los valores utilizados como input³⁹.

Se evaluaron 3 escenarios posibles⁴⁰:

- Escenario A: se aplican el total de las mejoras propuestas.

- Escenario B: no se aplica la mejora propuesta de la cubierta verde.

- Escenario C: solamente se aplican las mejoras de “fácil instalación”:
 - Iluminación interior y exterior.
 - Reemplazo de computadoras.
 - Temporizador de apagado.
 - Molinos de viento.
 - Paneles solares.

8.1 Variables macroeconómicas

Las variables macroeconómicas que impactan directamente sobre el proyecto son:

- Inflación.

³⁹ Todos los cálculos se encuentran en las tablas del anexo. Los valores fueron tomados de la cátedra de Proyectos de Inversión.

⁴⁰ La duración del proyecto en todos los casos de 10 años.

- Tasa de cambio.

Las proyecciones utilizadas fueron tomadas de los datos proporcionados por la cátedra de Proyectos de Inversión del año 2013. Se actualizaron los valores del año 0, mientras que se conservó la tendencia de los datos. En ambos casos se supone una estabilización de las variables a partir del año 2020 debido al cambio del contexto político del país.

La evolución supone una disminución del atraso cambiario que existe en la actualidad.

8.1.1 Inflación

La inflación prevista para el proyecto es la siguiente:

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inflación	40	24	14,4	8,64	5,184	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1

Tabla 8-13: Inflación prevista.

La misma pronostica una inflación de aproximadamente 40% para el año 2014. Mientras que irá bajando un 40% de su valor anualmente hasta alcanzar la estabilidad en el año 2020. Luego la inflación será constante de 5,1% basado en los datos históricos de la región.

La evolución temporal puede apreciarse en la siguiente serie de tiempo:

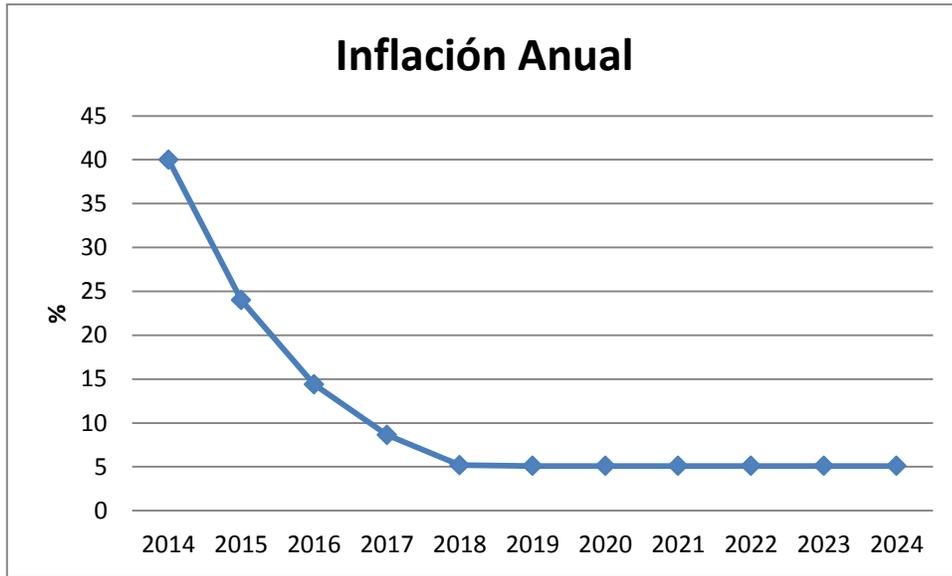


Figura 8-111: Inflación prevista.

8.1.2 Tasa de cambio

La tasa de cambio prevista para el proyecto es la siguiente:

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Tasa de Cambio	8,14	9,76	10,25	10,76	11,30	11,87	12,46	13,08	13,74	14,42	15,14

Tabla 8-14: Tasa de cambio prevista.

La misma proyecta un aumento de 20% para el primer año para luego aumentar un 5% anualmente. La evolución se muestra en la siguiente serie de tiempo:

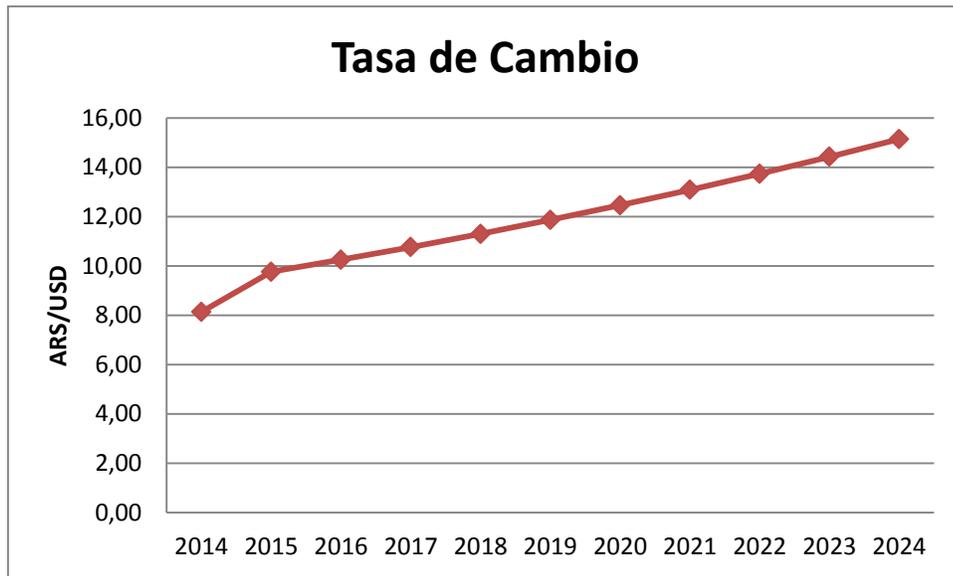


Figura 8-112: Tasa de cambio prevista.

8.2 Inversión y costos

Para el armado del flujo de fondos se tuvo en cuenta las inversiones requeridas para cada mejora propuesta, así como el ahorro de mantenimiento que la mejora implica. Cada uno de los valores se expresan al realizar el estudio técnico de mejoras. No obstante, en esta sección se expresan los valores finales.

8.2.1 Inversión

La inversión total se compone tanto de la inversión en activo fijo, como de los cargos diferidos. Todas las inversiones se realizan en el año 0, los valores se expresan en pesos.

Equipamiento	Inversión
Iluminación Interior	\$227.500
Iluminación Exterior	\$2.000
Calefacción	\$100.000
Paneles Solares	\$10.000
Molinos de Viento	\$13.000
Terraza	\$180.000
Paredes	\$350.000
Vidriado	\$800.000
Temporizadores	\$3.000
Agua	\$100.000
Equipamiento Eléctrico	\$67.200

Tabla 8-15: Inversión desglosada.

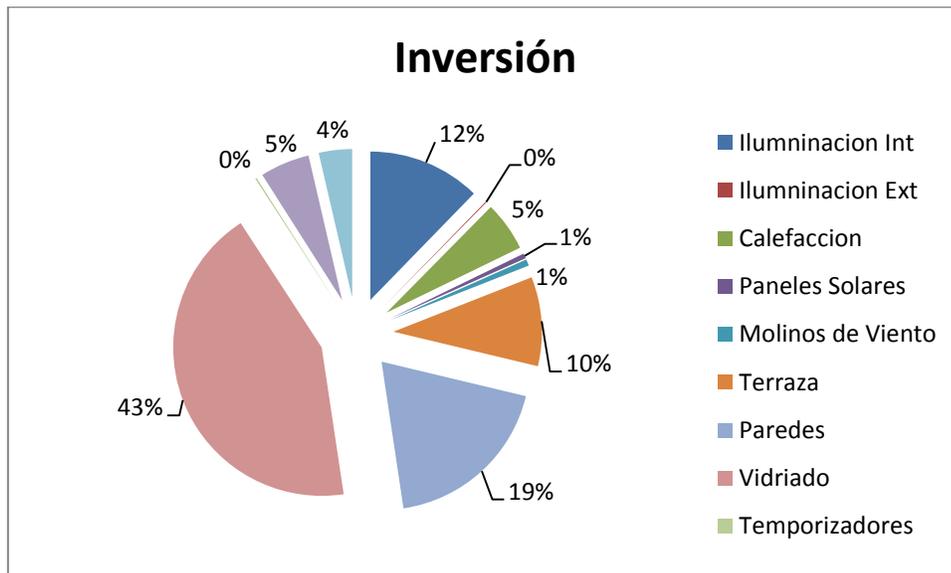


Figura 8-113: Inversión desglosada.

Como puede observarse, las obras de mayor magnitud (vidriado, aislación de paredes y cubierta verde) son las que requieren mayor inversión. Las mismas también comprenden el mayor tiempo de puesta en marcha.

La misma información se muestra en un gráfico de columnas para mayor comprensión:

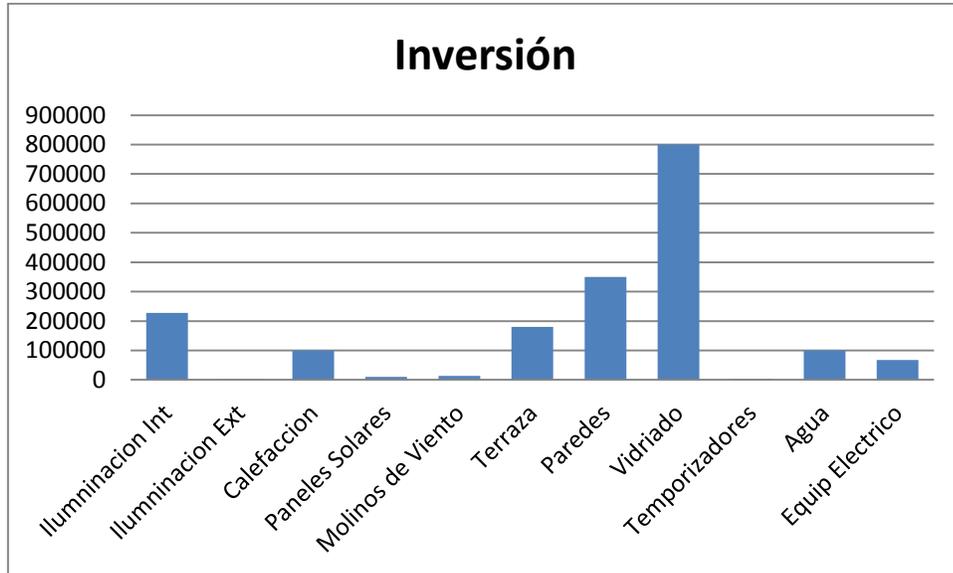


Figura 8-114: Inversión desglosada.

8.2.2 Ahorro de mantenimiento

Dado que el proyecto supone un cambio del sistema actual, es posible encontrar ahorro de mantenimiento respecto de las instalaciones actuales. En algunos casos, el mismo tiene un valor negativo, esto significa que la nueva tecnología requerirá un costo de mantenimiento anual mayor que el actual, o que el mantenimiento actual es inexistente (como en el caso de la cubierta verde).

Los valores de detallan en la siguiente tabla:

Equipamiento	Ahorro Mantenimiento
Iluminación Interior	\$50
Iluminación Exterior	-\$30
Calefacción	\$10.000
Paneles Solares	-\$900
Molinos de Viento	-\$500
Terraza	-\$16.000
Paredes	\$1.000
Vidriado	\$0
Temporizadores	\$0
Agua	\$0
Equipamiento Eléctrico	\$2.000

Tabla 8-16: Ahorros estimados.

Y pueden apreciarse visualmente en el siguiente gráfico:

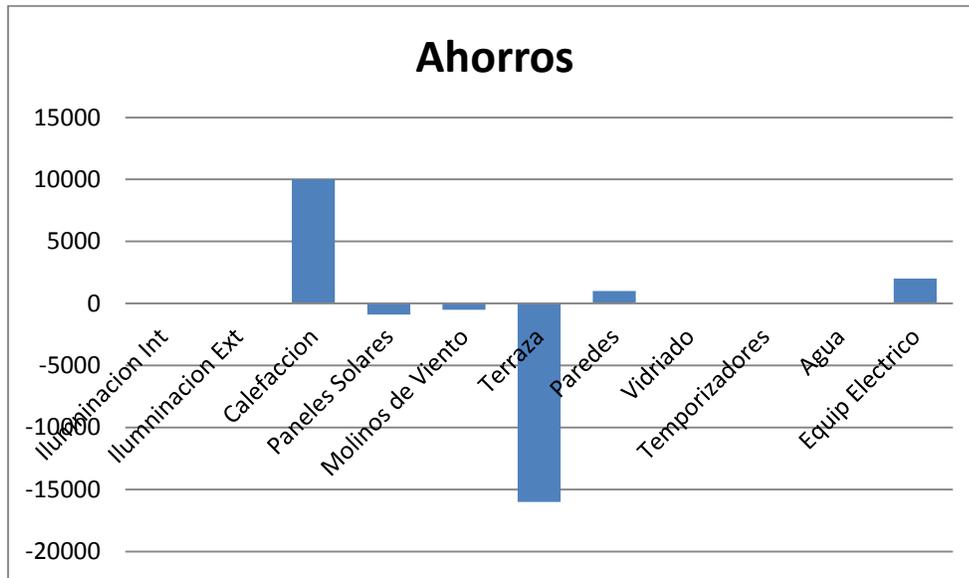


Figura 8-115: Ahorros estimados.

Sin embargo, al tener algunas mejoras una puesta en marcha que implica la instalación durante las vacaciones de verano 2015, los ahorros de mantenimiento no se apreciarán sino hasta el año 2015. Dichas mejoras son:

- Calefacción.
- Cubierta verde.
- Aislación de paredes.
- Vidriado.
- Agua.

8.2.3 Ahorro de consumo

El mismo está compuesto por el ahorro de gas y electricidad que representan las mejoras propuestas, expresadas tanto en sus unidades representativas como en valores monetarios.

En la siguiente tabla se expresan los ahorros de energía para cada una de las mejoras:

Ítem	MWh	Ahorro Año 0
Iluminación Interior	51	\$38.250
Iluminación Exterior	2	\$1.500
Computadoras	45	\$33.750
Panel Solar	3	\$1.965
Molinos	4	\$3.278
Total EE	104,99	\$78.742,5

Tabla 8-17: Ahorros estimados.

Cabe aclarar que en los ahorros de energía expresados se encuentra incluido el ahorro correspondiente a los temporizadores de apagado. Dado que el análisis económico está analizando una situación “diferencial” respecto a los parámetros actuales, se consideró solamente la componente variable del precio de la energía, valuado en 0,75\$/kWh.

Es también posible expresar los valores de gas ahorrado en función de las mejoras propuestas, el mismo se muestra en la siguiente tabla:

Ítem	m ³	Ahorro Año 0
Caldera	21000	\$7.560

Tabla 8-18: Gas natural ahorrado.

El precio del gas natural considerado es de 0,36\$/m³.

Fue necesario proyectar los precios, tanto de energía eléctrica como de gas. Debido al esquema de subsidios (tanto a generadores como a consumidores) y al elevado gasto público del gobierno, hace que el sistema actual sea ineficiente. Es por ello que coherentemente con lo planteado para las variables macroeconómicas, se estima que la situación se estabilizará a lo largo de los años.

Para ello que supuso un aumento de la energía eléctrica respecto de la inflación del 60% hasta el año 6. Luego el crecimiento será a la par de la inflación. En el caso del gas natural, se supone un aumento del 40%, debido a que en el año 2015 comenzará a operar una planta de regasificación en el Río de la Plata⁴¹, haciendo que el abastecimiento de gas tenga menor costo. Se estabilizará también en el año 6.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución del índice de inflación y los índices de precios de gas y energía eléctrica, expresando lo anteriormente mencionado:

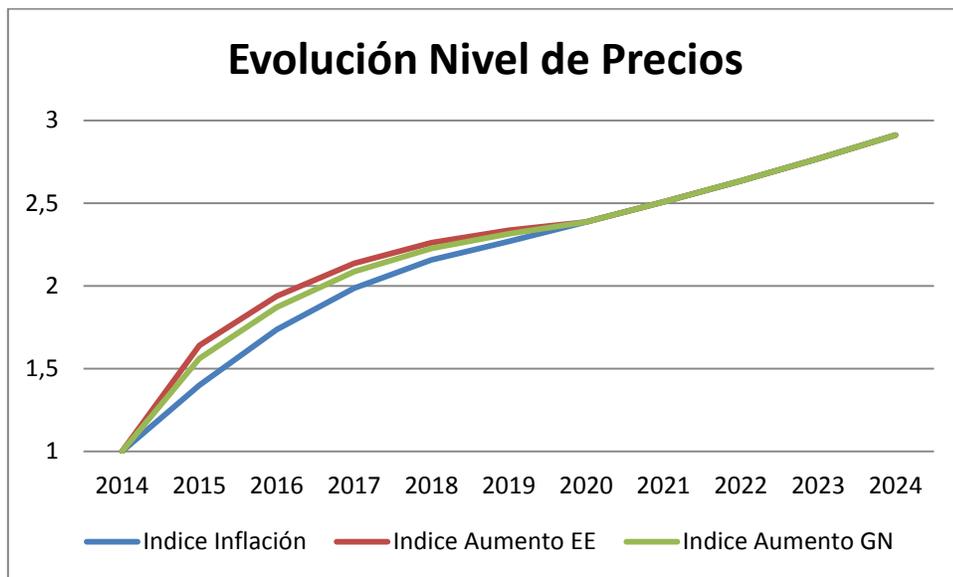


Figura 8-116: Precios previstos para el gas natural y para la energía eléctrica.

De esta manera es posible determinar los valores de ahorro para la duración completa del proyecto, los mismos se expresan en valores monetarios.

Los correspondientes a la energía eléctrica:

⁴¹ Link: <http://www.gassayago.com.uy/index.php/proyecto-gnl-del-plata>

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Iluminación Interior	\$38.250	\$62.730	\$74.113	\$81.701	\$86.465	\$89.372	\$91.232	\$95.885	\$100.775	\$105.915	\$111.317
Iluminación Exterior	\$1.500	\$2.460	\$2.906	\$3.204	\$3.391	\$3.505	\$3.578	\$3.760	\$3.952	\$4.154	\$4.365
Computadoras	\$33.750	\$55.350	\$65.394	\$72.089	\$76.293	\$78.858	\$80.499	\$84.605	\$88.920	\$93.454	\$98.221
Panel Solar	\$1.965	\$3.223	\$3.807	\$4.197	\$4.442	\$4.591	\$4.687	\$4.926	\$5.177	\$5.441	\$5.719
Molinos	\$3.278	\$5.375	\$6.350	\$7.001	\$7.409	\$7.658	\$7.817	\$8.216	\$8.635	\$9.075	\$9.538
Total Ahorro EE	\$78.743	\$129.138	\$152.571	\$168.192	\$178.000	\$183.984	\$187.814	\$197.392	\$207.459	\$218.040	\$229.160

Tabla 8-19: Ahorros estimados para la electricidad.

Los correspondientes al gas natural:

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ahorro GN	\$7.560	\$11.794	\$14.140	\$15.770	\$16.830	\$17.495	\$18.032	\$18.951	\$19.918	\$20.934	\$22.001

Tabla 8-20: Ahorros estimados para el gas natural.

8.3 Endeudamiento

8.3.1 Créditos no renovables

Para elaborar el flujo de fondos debió determinarse la estructura financiera del proyecto a los largo de toda su duración. Para ello estableció un endeudamiento con terceros del 50% del total de la inversión, tomando un crédito no renovable con una entidad bancaria.

La entidad otorgante será el Banco Ciudad. El interés será de pago vencido con erogaciones mensuales. El crédito será otorgado por 5 años con una tasa equivalente anual del 19%. El mismo se obtiene de un crédito promocional para la construcción de viviendas otorgado por el Banco Ciudad en cooperación con el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Utilizando un criterio conservador se determina que el gobierno podrá acceder mínimamente a dicha tasa para financiarse.

Se expresa la deuda necesaria para cada escenario:

Escenario	Deuda
A	\$926.350
B	\$836.350
C	\$161.350

Tabla 8-21: Deuda necesaria para cada escenario

Las mismas generarán un gasto financiero compuesto por:

- Amortizaciones de crédito.
- Intereses del crédito.
- Gastos bancarios⁴².

Es posible entonces expresar la evolución de la deuda a los largo del tiempo:

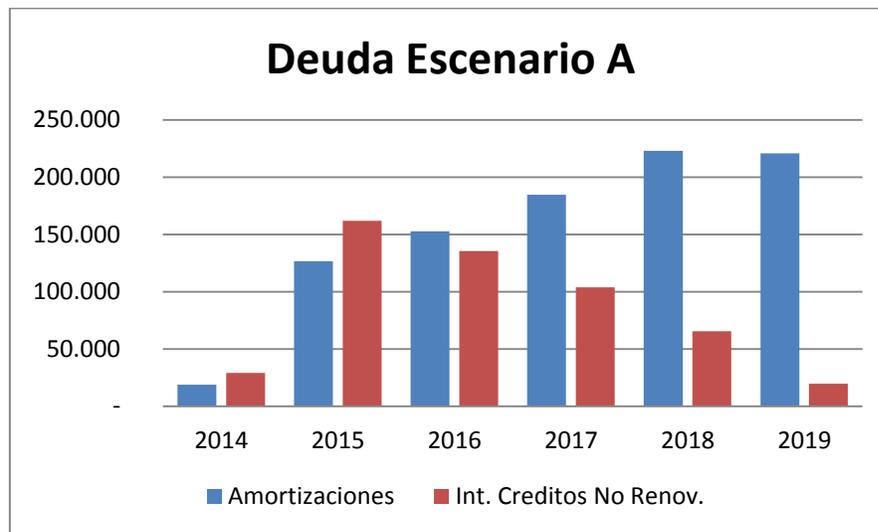


Figura 8-117: Evolución de la deuda para el escenario A.

⁴² 1% anual sobre el monto de la deuda.

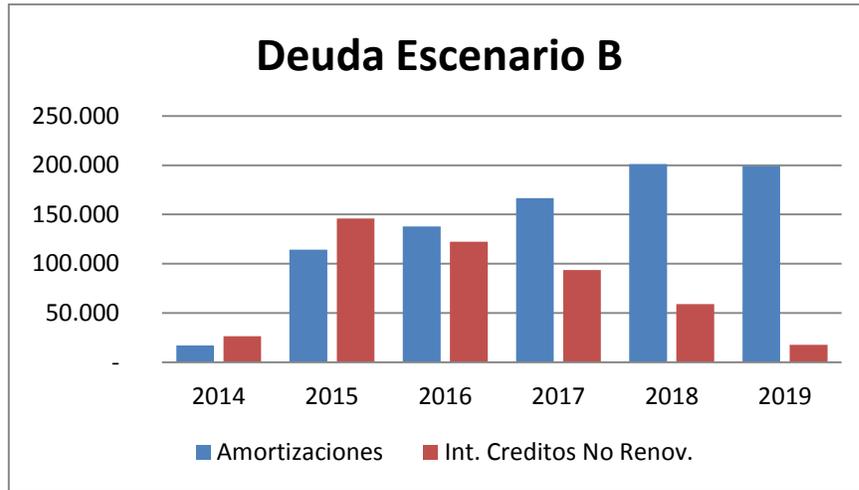


Figura 8-118: Evolución de la deuda para el escenario B.

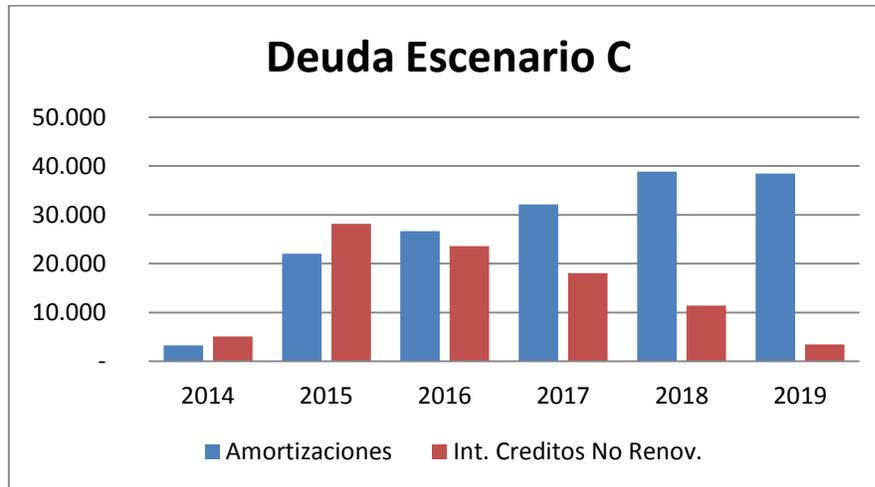


Figura 8-119: Evolución de la deuda para el escenario C.

Los valores totales se expresan a continuación en el flujo de fondos.

8.3.2 CAPM

Para determinar el costo del capital propio se utilizó en Modelo CAPM basado en los estudios de Markowitz. A continuación se desarrollarán cada uno de sus componentes.

8.3.2.1 Tasa libre de riesgo

La tasa libre de riesgo o “risk free” corresponde al rendimiento de un bono del Tesoro de los Estados Unidos a 10 años. Para tomar este valor se utilizó el promedio aritmético de los últimos 10 años. El cual tiene un valor 4,69%.

Mientras que los valores históricos son los siguientes:

Promedio Aritmético	S&P 500	3-month T-Bill	10-year T-Bond
1928-2013	11.50%	3.57%	5.21%
1964-2013	11.29%	5.11%	6.97%
2002-2013	9,10%	1,56%	4,69%

Tabla 8-22: Promedios aritméticos de la tasa libre de riesgo

8.3.2.2 Riesgo de mercado

Como valor de riesgo de mercado se toma el promedio aritmético de S&P 500 de los últimos 10 años, el cual tiene un valor de 9,10% como puede apreciarse en la tabla anterior.

8.3.2.3 Beta

Al ser el estudio sobre una entidad estatal, y no pertenecer a una industria en particular, se consideró el valor del Beta como el promedio de todas las industrias. Y en base a la estructura financiera asumida inicialmente para el proyecto⁴³, se pudo llegar a un valor de Beta “apalancado” de 0,8.

8.3.2.4 Riesgo país

⁴³ Endeudamiento con terceros del 50% de la inversión.

Los anteriores componentes del modelo corresponden a datos del mercado de Estados Unidos. Debe considerarse el riesgo país para ajustar la información a los parámetros del mercado local. Para ello se tomó el promedio de los últimos 2 meses del año, llegando así a un valor de 784 puntos.

8.3.3 WACC

El Coste Medio Ponderado de Capital⁴⁴ es la tasa que se utiliza para descontar el flujo de fondos. Está compuesto por el costo de la deuda y el costo del capital propio, los cuales fueron detallados anteriormente. También depende de la estructura financiera, la cual irá variando a los largo del tiempo debido a que el préstamo bancario se irá amortizando.

En la siguiente tabla se muestra la evolución del WACC a lo largo del proyecto:

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
WACC	14,27%	14,69%	14,80%	14,93%	15,08%	15,07%	16,03%	16,03%	16,03%	16,03%	16,03%

Tabla 8-23: WACC utilizada a lo largo del proyecto.

Luego de año 2020 el mismo tiene un valor constante debido a que la deuda bancaria fue totalmente saldada.

8.4 Flujo de fondos

Para elaborar el flujo de fondos para cada escenario, se utilizaron los datos que se desarrollaron anteriormente.

Con los mismos se pudo elaborar el flujo de fondos en moneda local nominal. Debido a que la tasa de corte (WACC) se encuentra expresada en dólares, fue necesario utilizar la tasa de cambio para convertir el flujo de fondos en moneda extranjera. Luego sí se pudo utilizar la tasa de corte calculada, con lo cual se obtuvo el flujo de fondos en dólares descontados. Finalmente se utilizó nuevamente la tasa de cambio para llevar el flujo de fondos a moneda local, dichos datos se utilizaron para evaluar la viabilidad económica del proyecto.

⁴⁴ WACC por sus siglas en inglés.

En el flujo de fondos también se encuentran expresadas las amortizaciones de los bienes de uso adquiridos. Para ello se supuso una amortización lineal a 2 años con valor residual nulo para los siguientes elementos:

- Iluminación interna.
- Iluminación externa.
- Paneles solares.
- Molinos de viento.
- Equipos de ahorro de agua.
- Temporizador de apagado.

Mientras que se supuso una amortización lineal a 10 años con valor residual nulo para los siguientes elementos:

- Calefacción.
- Cubierta verde.
- Paredes.
- Vidriado.

Se utilizó una perpetuidad para considerar la evolución del proyecto luego de los 10 años estudiados con crecimiento constante a futuro.

En esta sección se expresan los flujos en pesos descontados utilizando la metodología empleada⁴⁵, mostrándose su evolución a lo largo del tiempo.

⁴⁵ Ver Anexo para los flujos de fondos completos.

8.4.1 Escenario A

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perpetuidad
Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
FF Pesos Descontado (en miles de pesos)	-\$1.723	\$600	\$538	\$354	\$312	\$251	\$127	\$113	\$100	\$89	\$79	\$494

Tabla 8-24: Flujo de fondos para el escenario A.



Figura 8-120: Flujo de fondos para el escenario A.

8.4.2 Escenario B

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perpetuidad
Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
FF Pesos Descontado (en miles de pesos)	-\$1.543	\$603	\$544	\$362	\$320	\$259	\$135	\$120	\$107	\$95	\$85	\$531

Tabla 8-25: Flujo de fondos para el escenario B.



Figura 8-121: Flujo de fondos para el escenario B.

8.4.3 Escenario C

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perpetuidad
Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
FF Pesos Descontado (en miles de pesos)	-\$193	\$449	\$406	\$268	\$237	\$186	\$71	\$65	\$58	\$53	\$48	\$299

Tabla 8-26: Flujo de fondos para el escenario C.



Figura 8-122: Flujo de fondos para el escenario C.

8.5 Resultados

En base al flujo de fondos descontado expresado en moneda local nominal se pudo llegar a los resultados expresados en la siguiente tabla:

Escenario	A	B	C
VAN	\$1.334.209	\$1.619.109	\$1.946.540
Período de Repago	3,7	3,1	0,4

Tabla 8-27: VAN para cada escenario.

Los mismos muestran que para los tres escenarios propuestos el valor actual neto (VAN) es positivo. Se determina entonces que el proyecto es económicamente viable para cada uno de los escenarios. Se expresan también los períodos de repago con flujos descontados, los cuales demuestran que el proyecto se paga en menos de 4 años para todos los casos.

Es posible determinar que la opción C es la más rentable debido a que:

- Tiene el mayor VAN.
- Tiene el menor período de repago.
- Requiere la menor inversión inicial.
- Su tiempo de puesta en marcha es el menor.

9. Huella de carbono

Se conoce al concepto de huella de carbono como la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI en adelante) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. Es importante destacar que la huella de carbono se mide en masa de CO₂ equivalente. Esto se homogeniza de esta manera ya que el metano por ejemplo es unas 25 veces más potente en su efecto de causar calentamiento global que el dióxido de carbono.

Se estudió la reducción de las emisiones de GEI para cada uno de los escenarios planteados, utilizando el software RETScreen. Si bien la huella de carbono es un concepto que abarca más que la mera reducción del consumo energético (como se estudió aquí), el análisis no fue llevado a cabo por la complejidad y extensión del mismo. Por ejemplo, se tendría que realizar un análisis de ciclo de vida de cada producto que se estima incluir en el proyecto (desde las ventanas de doble vidriado hasta la membrana que se utiliza para recubrir la terraza) teniendo en cuenta desde la extracción de la materia prima para fabricarlos hasta la disposición final, incluyendo su transporte. Por esta razón se propone como motivación un posterior análisis para incluir este concepto. Aun así, el software considera las pérdidas por transporte y distribución de la energía eléctrica que enriquece el estudio.

En esta sección también se incluirá cuál sería la ganancia teórica por el hecho de reducir las emisiones de GEI, mediante los famosos bonos de carbono. A medida que los gobiernos tomen mayor consciencia, se financiará en mayor medida esta clase de proyectos, pudiendo incluir este concepto dentro del análisis económico-financiero. No se incluyó el mismo, como se verá, porque la ganancia es poco significativa, aportando prácticamente un valor despreciable al análisis financiero.

9.1 Escenario A

Para este caso, se tomaron todas las mejoras; y se consideraron los ahorros de calefacción, de electricidad y la captura de carbono gracias a la terraza verde a implementar. Se estima que la captura de la cubierta verde por m² se encuentra en torno a los 2 kg de CO₂ al año. Para los 200 m², el ahorro es de unos 400 kg al año, o 0,4 toneladas. A la cantidad que se evita emitir a la atmósfera por consumo eléctrico y de gas, hay que sumarle estas 0,4 toneladas. En total, se estarían evitando emitir unas 139 toneladas anuales de CO₂.

Asumiendo que el valor de un bono de carbono (que equivale a una tonelada de emisión de CO₂) en el año 2014 es de 1 €/tonelada, se podría obtener como ingreso € 139. Este valor no se consideró por ser un proyecto de baja envergadura y por ser un valor irrelevante y teórico al cual no hay información disponible en cuanto a si se podrá acceder a la venta de dichos bonos. En el anexo se detalla, para Argentina, la emisión de CO₂ por MWh de energía. Cabe destacar que se considerarán las pérdidas en transporte y distribución dado que la energía que se deja de consumir, se deja de perder en forma de calor al transportarse por las líneas de tensión. Si bien escapa al sistema en análisis considerado, se contribuye igualmente a la emisión a la atmósfera. Esta reducción es equivalente a 25 autos y camiones livianos no utilizados o a casi 60.000 litros de nafta no consumidos.

9.2 Escenario B

Para este escenario, en el que no se considera la instalación de la terraza verde, la reducción es muy parecida al escenario A. Cabe mencionar que la bibliografía encontrada al respecto no menciona valores considerables de captura de dióxido de carbono para terrazas verdes. Sí se mencionan importantes valores para árboles adultos, situación difícil de implementar en una terraza. Aun así se consideró para el cálculo la captura de dióxido de carbono por parte de la terraza. Se estimó que la captura de CO₂ atmosférico por parte de la terraza se encuentra en torno a los 500 kg anuales. Este valor es tentativo y podría llegar a variar considerablemente en función de las especies vegetales que se planten. Aun así, este valor se encuentra fuera de escala en comparación con las 139 toneladas ahorradas del escenario A, motivo por el cual los valores son muy parecidos (se tomó 138,5 toneladas para el escenario B).

9.3 Escenario C

Para este caso, se obtuvo un valor más acotado del ahorro. La reducción en la emisión resultó en unas 42 toneladas de CO₂ anuales. Este valor equivale a unos 18.000 litros de nafta no consumida, 97 barriles de petróleo crudo no consumidos, casi 4 hectáreas de bosque absorbiendo carbón o 14 toneladas de desecho reciclado anuales. Estas comparaciones son útiles a la hora de tener una mejor perspectiva de la magnitud de toneladas de CO₂.

El gráfico resumen se presenta a continuación:

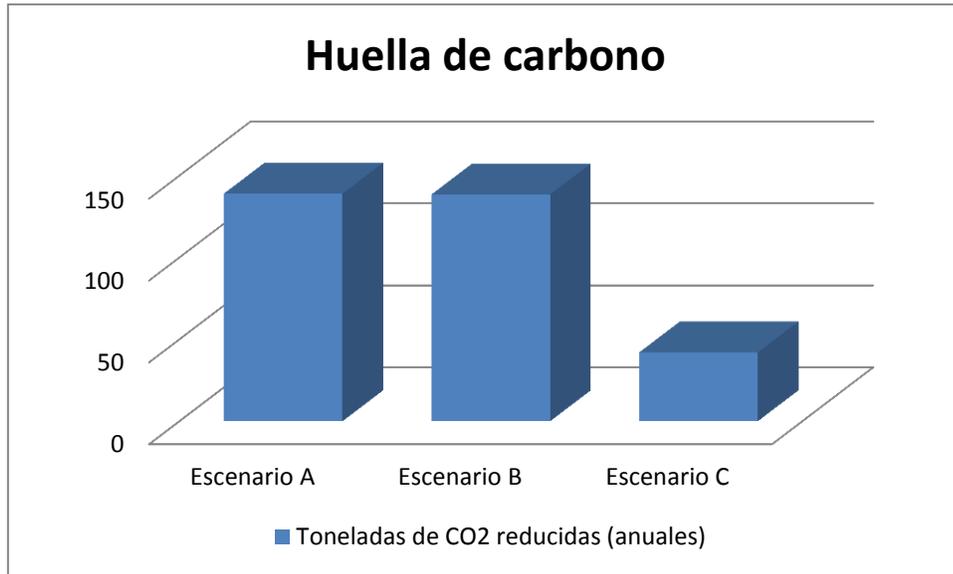


Figura 9-123: Reducción en la emisión de CO₂ para cada escenario.

9.4 Punto de referencia

Otra manera de cuantificar los ahorros es mediante lo que se denomina en el software como “punto de referencia”.

9.4.1 Escenario A

Para este escenario, tanto en términos eléctricos como de calefacción, se estima que se ahorrará una energía anual de 555 kWh por alumno, equivalente a casi 2.000.000 kJ/alumno, considerando los 585 alumnos que concurren actualmente a la escuela. Para establecer una comparación, la información nutricional en los alimentos indica que los valores diarios recomendados de ingesta en términos energéticos se encuentran en 8.400 kJ para una persona adulta. El ahorro energético sería de casi 5.500 kJ/alumno/día, es decir un 65% de la ingesta diaria de alimentos. También, se realizó una comparación por m² de la escuela. Se llegó a un ahorro de 90 kWh/m².

9.4.2 Escenario B

En este caso, los valores son los mismos que para el escenario A debido a que el hecho de que no haya terraza no afecta a la energía en sí, sino a la reducción de emisión de dióxido de carbono, como se comentó.

9.4.3 Escenario C

Los valores encontrados en este caso son menores al escenario A. En electricidad se ahorraron 168 kWh por alumno, 603.227 kJ por alumno o 27 kWh por m². Los mismos se encuentran detallados en el anexo.

En el siguiente gráfico se resumen los ahorros por escenario:

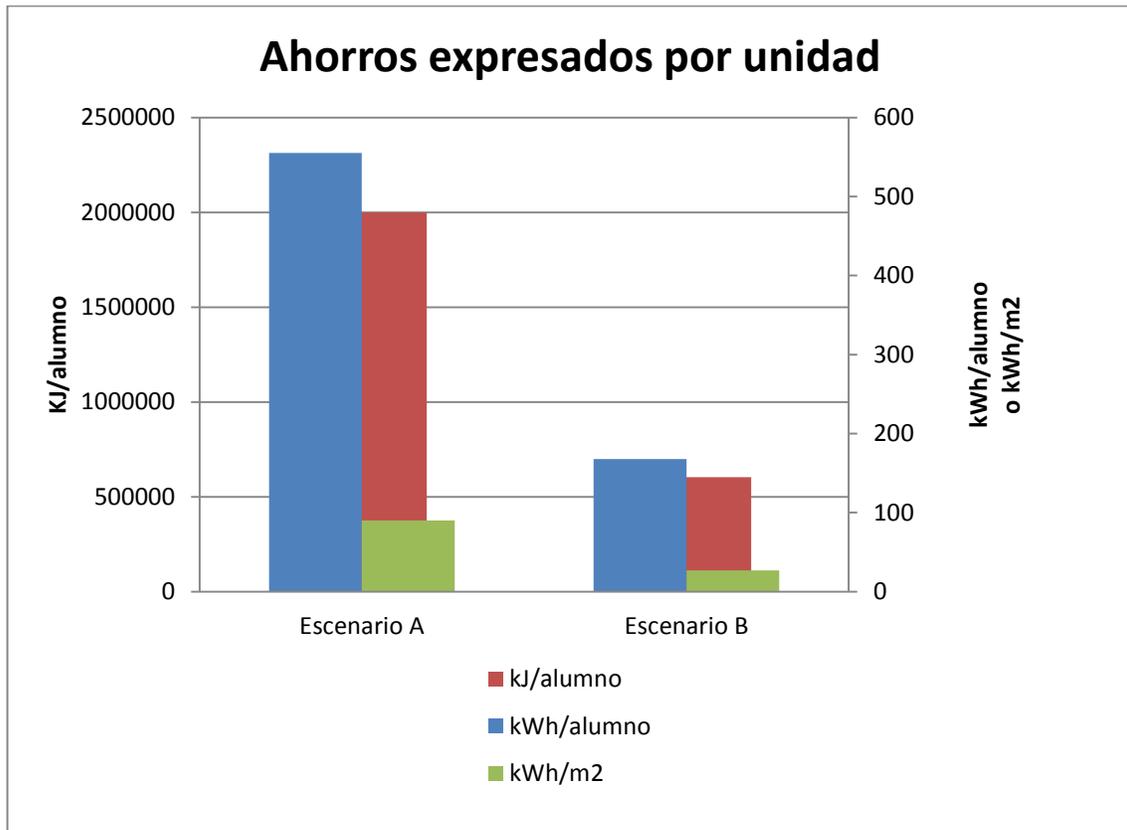


Figura 9-124: Ahorros energéticos para cada escenario.

10. Escalabilidad

Uno de los objetivos del proyecto fue realizar un estudio sobre una escuela el cual pueda ser replicable en otras. Es por ello que la escuela estudiada forma parte del Plan 60 Escuelas que se desarrolló desde fines de los años 70.

Luego de investigar sobre el plan, se determinó que solamente 38 de dichas escuelas fueron terminadas, muchas de ellas luego del período de mandato de Cacciatore. Es importante destacar que los planos originales fueron respetados, y muchos de los insumos fueron también los mismos de las primeras escuelas construidas.

Si bien se sabe que todos los edificios no son exactamente iguales, comparten características que hacen que el proyecto sea replicable. Debido a que no se pudo visitar otras escuelas del mismo tipo, se supuso que las mejoras tendrían el mismo impacto en todas las escuelas terminadas del plan. A continuación se muestran los resultados de escalar el proyecto:

Escenario	A	B	C
VAN	\$50.699.945	\$61.526.130	\$73.968.505
Período de Repago	3,7	3,1	0,4

Tabla 10-28: VAN y período de repago para cada escenario.

Se puede apreciar que el proyecto es económicamente viable para todos los escenarios propuestos.

También resulta conveniente ecológicamente, dado que la reducción en las emisiones de GEI sería de 5.300 toneladas anuales de CO₂. A continuación se ve un gráfico resumen de lo expuesto anteriormente:

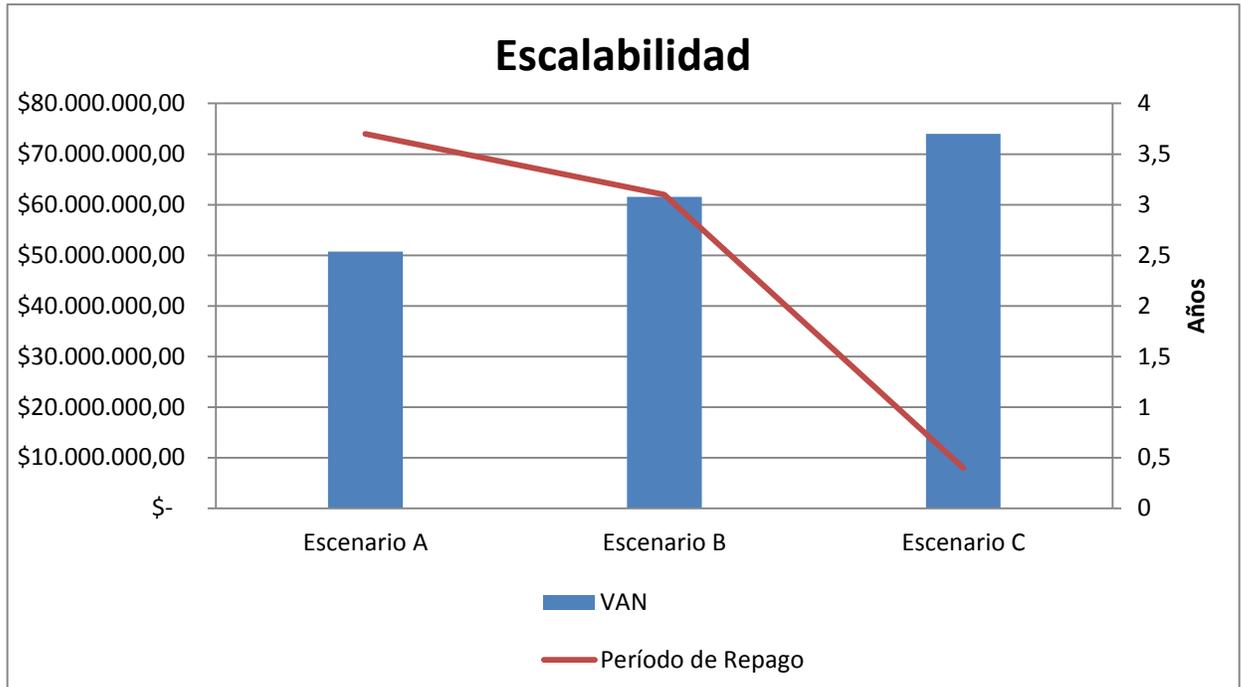


Figura 10-125: VAN y período de repago para cada escenario.

Independientemente de los datos numéricos que avalan el proyecto, debe también considerarse el impacto que podría traer sobre todas las personas involucradas en el mismo. Si estimamos que cada una de las escuelas tiene la misma cantidad de alumnos se estará influyendo a 22.230 niños en plena formación. Cada uno de ellos es un agente de cambio para la próxima generación, haciendo de la conciencia por el ambiente crezca exponencialmente. También se verán influenciados todos aquellos adultos que formen parte del mismo, haciendo que el cambio se pueda ver también en el corto y mediano plazo.

11. Conclusiones y recomendaciones

Realizado el análisis sobre sobre la escuela Adolfo Van Gelderen pudo determinarse que un proyecto para optimizar energéticamente la misma es técnicamente y económicamente viable. Se demostró que aplicando pequeñas mejoras es posible tener un ahorro global considerable, tanto en términos ambientales como monetarios.

El escenario A es el que tiene un enfoque más global sobre el problema, sacrificando rendimiento económico pero logrando un impacto ambiental mucho mayor, particularmente con la cubierta verde. El escenario C es el de menor puesta en marcha, menor inversión y mayor retorno de la misma, pero el impacto ambiental del mismo es mucho menor. Mientras que el escenario B es una situación intermedia entre ambos.

El proyecto puede realizarse por etapas, empezando con el escenario C para luego aplicar el A o B. Se recomienda realizar una licitación pública para llevar a cabo el mismo. Una empresa constructora con experiencia en el mercado puede tener ideas y acortar tiempos que superen a los propuestos en este estudio de pre factibilidad.

Fue difícil el trabajo con un organismo público. Si bien hubo muchas personas dispuestas a ofrecer ayuda, el sistema es sumamente burocrático y existen tiempos con mucha demora. Pudo apreciarse que las escuelas públicas tienen problemas de mantenimiento considerables. Particularmente hay una clara falta de coordinación entre las empresas contratadas para llevar a cabo el mantenimiento y el Gobierno de la Ciudad⁴⁶.

Las instituciones públicas pueden acarrear problemas presupuestarios importantes. No obstante, el proyecto plantea que es posible obtener rédito económico, social, ecológico y político simultáneamente.

Los aportes que implica la implementación del proyecto son:

- Menor contaminación.
- Menor consumo de recursos no renovables.
- Concientización de los alumnos mediante el ejemplo.
- Disminución de costos para los gobiernos.

⁴⁶ En la siguiente nota periodística se puede apreciar que es general el problema mencionado de coordinación del Gobierno de la Ciudad: <http://www.lanacion.com.ar/1708184-veredas-rotas-gobierno-porteno-ciudad-edenor-edesur-metrogas>

La intención del presente proyecto es que pueda servir como motivación para todos aquellos que piensen que es necesario un cambio de la manera en que vive la sociedad actual para garantizar la sostenibilidad y un ambiente sano para las generaciones futuras.

12.Anexo

Para el cálculo de los días de clase, se tomaron 18 feriados nacionales, el día del maestro, el día del estudiante, receso de verano de 2 meses y el de invierno de 15 días. Esto da un total de aproximadamente 200 días por año.

12.1 Software

12.1.1 Copias de pantalla de RETScreen

Se adjuntan las copias de pantalla (del software utilizado) correspondientes a las mejoras propuestas. Los valores expresados son los que se detallan en el Estudio de Mejoras.

12.1.1.1 Iluminación Interior

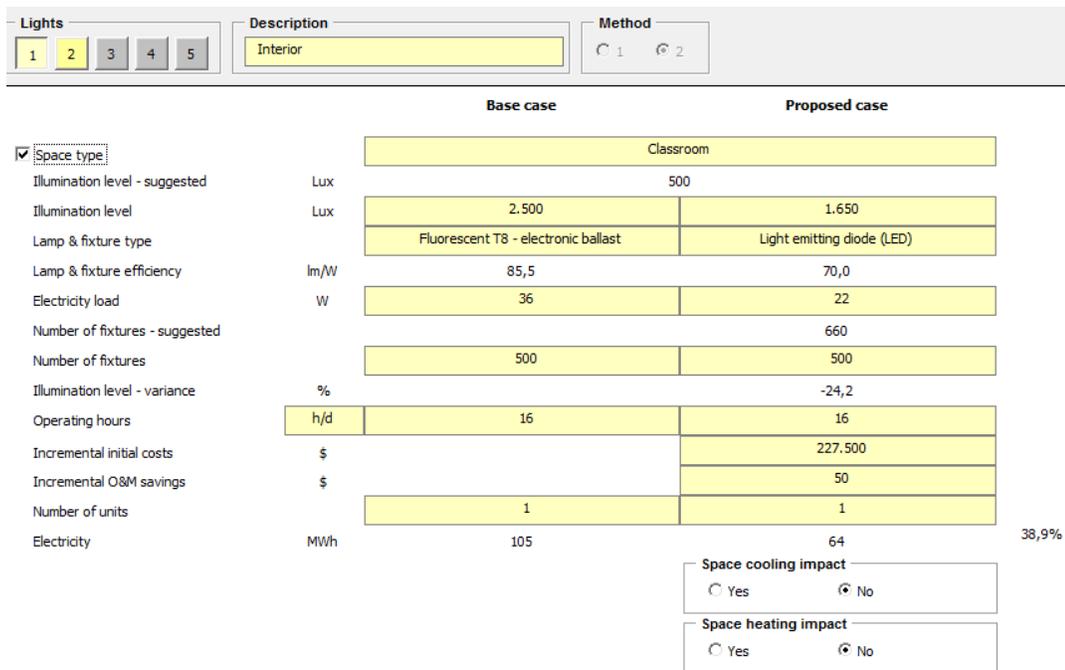


Figura 12-126: Datos de la iluminación interior.

12.1.1.2 Iluminación Exterior

Lights 1 2 3 4 5

Description Exterior

Method 1 2

	Base case	Proposed case
Space type	Gymnasium	
Illumination level - suggested	Lux 300	
Illumination level	Lux 300	Lux 300
Lamp & fixture type	Halogen	Compact fluorescent - screw-in
Lamp & fixture efficiency	lm/W 13,0	56,7
Electricity load	W 150	32
Number of fixtures - suggested	11	
Number of fixtures	10	10
Illumination level - variance	%	
Operating hours	h/d 5	5
Incremental initial costs	\$	3.000
Incremental O&M savings	\$	-30
Number of units	1	1
Electricity	MWh 3	1

78,7%

Space cooling impact
 Yes No

Space heating impact
 Yes No

Figura 12-127: Datos de la iluminación exterior.

12.1.1.3 Calefacción

Heating system 1 2 3 4 5

Description Calefaccion Central

	Base case	Proposed case
Fuel type	Fuel type 2	Fuel type 2
Fuel	Natural gas - m ³	Natural gas - m ³
Seasonal efficiency	% 65	100
Incremental initial costs	\$	200.000
Incremental O&M savings	\$	10.000

Figura 12-128: Datos de la calefacción.

12.1.1.4 Cobertura del edificio

El valor R de un material se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$R = \Delta T / \dot{Q}_A$$

Donde R es el valor que se desea obtener a partir de la relación entre \dot{Q}_A , que es el calor que se transmite por el aislante por unidad de tiempo, por unidad de área y ΔT , que es la diferencia de temperatura existente entre ambos lados del aislante. Así, surge naturalmente que las unidades del valor R son de $\frac{m^2 \cdot K}{W}$. Si bien utilizar grados Kelvin o Celsius resulta indistinto, se optará por grados Kelvin por el uso del software y por mayor rigor científico.

La conductividad de un material (k), en cambio, se utiliza en la siguiente fórmula que obedece la Ley de Fourier:

$$\dot{Q}_A = -k \frac{dT}{dx}$$

Combinando ambas ecuaciones, y suponiendo que el gradiente de temperatura a lo largo del material es lineal, se obtiene la siguiente relación:

$$R = \frac{\Delta x}{k}$$

A partir de esta fórmula se obtuvieron los valores de R desconocidos.

A continuación se presenta la imagen del input que se realizó en el software con las mejoras propuestas:

Cobertura de edificios	Caso base				Caso propuesto				Costos iniciales incrementales	
	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste		
Paredes	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	m ²	600	240	600	240	600	240	600	240	
Valor-R	m ² - °C/W	1,49	1,49	1,49	1,49	1,74	1,74	1,74	1,74	\$ 350.000

Figura 12-129: Datos de la aislación de las paredes.

12.1.1.5 Vidriado

Cobertura de edificios	Caso base				Caso propuesto				Costos iniciales incrementales	
	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste		
<input checked="" type="checkbox"/> Ventana	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	%	40	15	40	15	40	15	40	15	
Valor-R	m ² - °C/W	0,17	0,17	0,17	0,17	0,91	0,91	0,91	0,91	\$ 800.000

Figura 12-130: Datos de la aislación del vidriado.

12.1.1.6 Computadoras

Descripción	Cantidad	Caso base			Caso propuesto			Costos iniciales incrementales	
		Horas de operación	Carga eléctrica	Ciclo de utilización	Horas de operación	Carga eléctrica	Ciclo de utilización		
		h/d	kW	%		h/d	kW	%	\$
Computadoras	16	24	0,7	100	16	8,5	0,09	100	4.200
Total									67.200
Costos iniciales incrementales	\$		67.200						
Ahorros incrementales O y M	\$		2.000						
Demanda de electricidad	MWh	98	4	95,4%					

Impacto del aire acondicionado Sí No

Impacto de la calefacción ambiental Sí No

Figura 12-131: Datos de las computadoras.

12.2 Datos técnicos

12.2.1 Temporizador de apagado

En la figura 132 se ven capturas de pantalla del manual⁴⁷ del temporizador y en la 133, las dimensiones y los diagramas:

⁴⁷ En inglés.

Astronomical Time Switches *Astro*[®]

- Dynamic and accurate control based on astronomical mathematics
- Sunrise / Sunset or Twilight rise / set trigger
- Yearly programming with Season mode, DST, Offset, Off hours, Weekly Off enabled
- Protection against under voltage and over voltage
- Alternate Mode with Auto load changeover feature
- Three independent channel outputs

- Active Phase selection
- Manual override facility
- Single phase and three phase versions
- Modbus Communication
- User friendly software for device configuration



Cat. No.	T2DDT0	T3DDT0
Parameters		
Supply Voltage (ϕ)	110-240 VAC, 50/60Hz	110-240 VAC 3 Phase 4 wire (P-N), 50/60Hz
Supply Variation	-20% to +15% (of ϕ)	
Power Consumption (Max.)	8VA @ 300 VAC	
Storage Temperature	-10°C to + 60°C	
Operating Temperature	-10°C to + 50°C	
Switching contacts	2 NO, 8A (resistive load) @ 240 VAC and 5A (resistive load) @ 30 VDC	3 NO, 8A(resistive load) @ 240 VAC and 5A (resistive load) @ 30 VDC
Electrical Life	10 ⁵	
Mechanical Life	10 ⁷	
Shortest switching time (daily)	1min (1 s for pulse)	
Power reserve (for clock only)	1000 h	
Clock deviation	± 1 s per day over the operating temperature range	
DST	settable	
Display	Backlit LC Graphics display for diagnostic view	
Under / Over Voltage Trip Level	N. A.	Settable UV: 0 – 220 V & OV: 130 - 330 V
Trip time for Under / Over Voltage	N. A.	5 - 16 Sec.
Recovery time	N. A.	1 - 4 Sec.
Mounting	Base / DIN rail	
Dimensions (W x H x D) (in mm)	72 X 90 X 67	
EMI/ EMC		
Radio Interference Suppression	CISPR 14-1 Ed. 5.0 (2005-11) Class A	
ESD	IEC 61000-4-2 Ed. 1.2 (2001-04) Level II	
Electrical Fast Transients	IEC 61000-4-4 Ed. 2.0 (2004-07) Level IV	
Surges	IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11) Level IV	
Voltage Dips & Interruptions	IEC 61000-4-11 Ed. 2.0 (2004-03) All 7 Levels (AC), IEC 61000-4-29 Ed. 1.0 (2000-08) All 5 Levels (DC)	
Degree of Protection	IP 20 for Terminals, IP 40 for Enclosure	
Pollution Degree	II	
Certification	  	
Weight (unpacked)	190 g	208 g
ORDERING INFORMATION		
Cat. No.	Description	
T2DDT0	110-240 VAC, 1 Phase, 2 NO (SPST)	
T3DDT0	110-240 VAC, 3 Phase 4 wire (P-N), 3 NO (SPST)	
TGDDT6	Windows based application software for Astro	
GFDNN3M	Memory card	
GFDNN2S	Serial interface cable	
GFDNN1	USB interface cable	

Figura 12-132: Ficha técnica del temporizador de apagado.

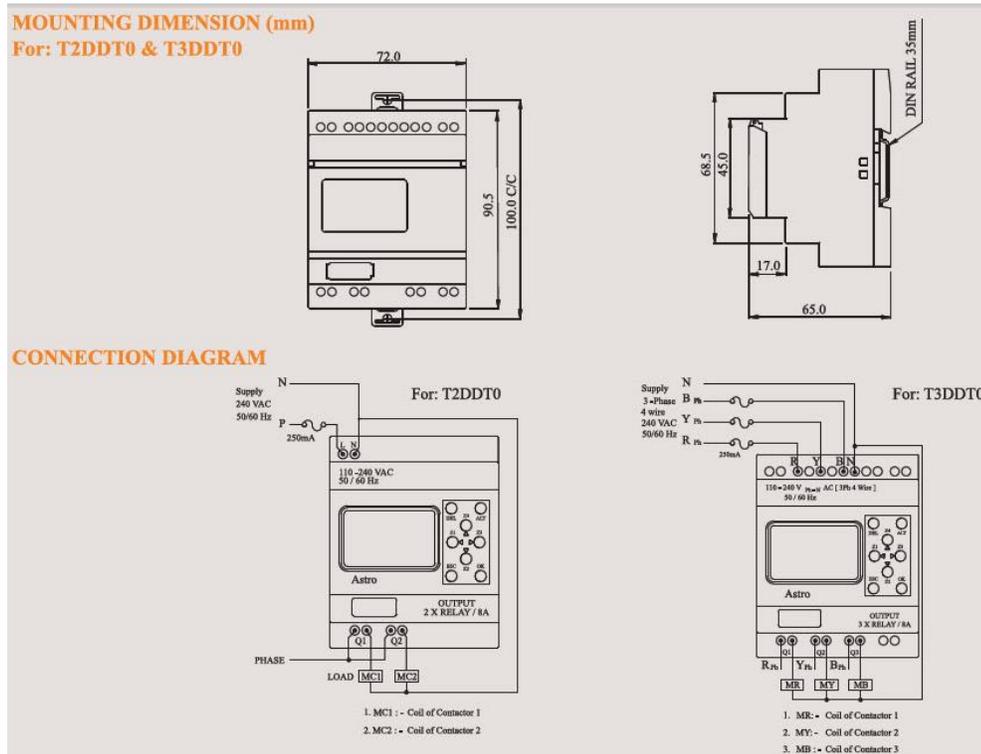


Figura 12-133: Dimensiones del temporizador de apagado.

12.2.2 Cuidado del agua

El detalle del inodoro a implementar se incluye a continuación:



Figura 12-134: Datos técnicos del inodoro de doble descarga.

12.2.3 Computadoras

Los datos de la fuente de alimentación de la computadora propuesta se presentan en la figura 135:

[-] Requisitos de operación y alimentación

Tipo de fuente de alimentación
Adaptador CA de 90 watts

Eficiencia de energía
Calificación de ENERGY STAR®
Silver EPEAT®

Figura 12-135: Datos técnicos de la computadora a instalar.

12.3 Flujo de fondos

12.3.1 Escenario A

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perpetuida d
Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
Total Inversión	1852700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Ahorro												
Mantenimiento	620	-6132	-7604	-8699	-9450	-9940	-10447	-10980	-11540	-12128	-12747	-79504
Ahorro Eléctrico	78743	129138	152571	168192	178000	183984	187814	197392	207459	218040	229160	1429304
Ahorro Gas		11794	14140	15770	16830	17495	18032	18951	19918	20934	22001	137226
Gasto Financiero	50352	296769	295365	293670	291623	241151	0	0	0	0	0	0
Amortizaciones		354350	354350	143000	143000	143000	143000	143000	143000	143000	143000	891913
FF Netos Pesos	-1722985	785918	808823	611933	620002	575691	338398	348364	358837	369845	381414	2378939
FF Dólares	-211799	80508	78909	56857	54864	48517	27161	26629	26124	25643	25186	157087
FF Dólares Descontado	-211799	61429	52447	32883	27573	21190	10223	8638	7303	6178	5230	32619
FF Pesos Descontado	-1722985	599674	537591	353905	311592	251435	127375	113007	100320	89111	79200	493984

Tabla 12-29: Flujo de fondos para el escenario A.

12.3.2 Escenario B

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perpetuida d
Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
Total Inversión	1672700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Ahorro Mantenimiento	620	16268	20172	23077	25071	26371	27716	29129	30615	32176	33817	210922
Ahorro Eléctrico	78743	12913 8	15257 1	16819 2	17800 0	18398 4	18781 4	19739 2	20745 9	21804 0	22916 0	1429304
Ahorro Gas		11794	14140	15770	16830	17495	18032	18951	19918	20934	22001	137226
Gasto Financiero	50352	29676 9	29536 5	29367 0	29162 3	24115 1	0	0	0	0	0	0
Amortizaciones		33635 0	33635 0	12500 0	779644							
FF Netos Pesos	-1542985	79031 8	81859 9	62570 9	63652 3	59400 2	35856 1	37047 3	38299 2	39614 9	40997 8	2557096
FF Dólares	-189672	80959	79863	58137	56326	50060	28779	28319	27882	27467	27072	168851
FF Dólares Descontado	-189672	61773	53081	33623	28307	21864	10833	9187	7795	6618	5621	35062
FF Pesos Descontado	-1542985	60303 1	54408 9	36187 3	31989 5	25943 2	13496 4	12017 9	10707 3	95449	85131	530978

Tabla 12-30: Flujo de fondos para el escenario B.

12.3.3 Escenario C

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perpetuidad
Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
Total Inversión	-322700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Ahorro Mantenimiento	620	868	1076	1231	1338	1407	1479	1554	1633	1717	1804	11254
Ahorro Eléctrico	78743	129138	152571	168192	178000	183984	187814	197392	207459	218040	229160	1429304
Ahorro Gas												
Gasto Financiero	50352	296769	295365	293670	291623	241151	0	0	0	0	0	0
Amortizaciones		161350	161350	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FF Netos Pesos	-192985	588125	610363	463093	470960	426543	189292	198946	209093	219756	230964	1440558
FF Dólares	-23723	60246	59547	43028	41675	35947	15193	15208	15222	15237	15251	95124
FF Dólares Descontado	-23723	45969	39578	24885	20945	15700	5719	4933	4256	3671	3167	19752
FF Pesos Descontado	-192985	448753	405683	267825	236688	186294	71250	64537	58456	52948	47959	299130

Tabla 12-31: Flujo de fondos para el escenario C.

12.4 Huella de carbono

12.4.1 Escenario A

Análisis de Emisiones					
Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI	
Pais - Región	Tipo de	tCO2/MWh	%	tCO2/MWh	
Argentina	Todos los tipos	0,367	14,0%	0,427	
Emisiones GEI					
Caso base	tCO2	852,9			
Caso propuesto	tCO2	714,4			
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO2	138,5			
Derechos de transacción por créditos GEI	%				
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO2	138,5	es equivalente a	25,4	Autos y camiones livianos no utilizados
Renta por reducción de GEI					
Tasa crédito reducción de GEI	\$/tCO2				

Figura 12-136: Datos para el cálculo de la disminución en el CO₂ emitido (escenario A).

12.4.2 Escenario C

Análisis de Emisiones					
Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI	
Pais - Región	Tipo de	tCO2/MWh	%	tCO2/MWh	
Argentina	Todos los tipos	0,367	14,0%	0,427	
Emisiones GEI					
Caso base	tCO2	58,5			
Caso propuesto	tCO2	16,7			
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO2	41,8			
Derechos de transacción por créditos GEI	%				
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO2	41,8	es equivalente a	17,972	Litros de gasol. no consumidos
Renta por reducción de GEI					
Tasa crédito reducción de GEI	\$/tCO2				

Figura 12-137: Datos para el cálculo de la disminución en el CO₂ emitido (escenario C).

12.5 Punto de referencia

12.5.1 Escenario A

Punto de referencia				
Unidad de energía	kWh			
Unidad de referencia	Definido por el usuario			
Definido por el usuario	Alumno	585		
Punto de referencia	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Total
Consumo de combustible	kWh/Alumno	kWh/Alumno	kWh/Alumno	kWh/Alumno
Consumo de combustible - caso base	3.182		235	3.417
Consumo de combustible - caso propuesto	2.795		67	2.862
Combustible ahorrado	387		168	555

Figura 12-138: Ahorros energéticos expresados en kWh/alumno (escenario A).

Punto de referencia				
Unidad de energía	kJ			
Unidad de referencia	Definido por el usuario			
Definido por el usuario	Alumno	585		
Punto de referencia	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Total
Consumo de combustible	kJ/Alumno	kJ/Alumno	kJ/Alumno	kJ/Alumno
Consumo de combustible - caso base	11.455.385		844.329	12.299.714
Consumo de combustible - caso propuesto	10.061.646		241.102	10.302.748
Combustible ahorrado	1.393.738		603.227	1.996.966

Figura 12-139: Ahorros energéticos expresados en kJ/alumno (escenario A).

Punto de referencia				
Unidad de energía	kWh			
Unidad de referencia	m ²			
		3.600		
Punto de referencia	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Total
Consumo de combustible	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Consumo de combustible - caso base	517		38	555
Consumo de combustible - caso propuesto	454		11	465
Combustible ahorrado	63		27	90

Figura 12-140: Ahorros energéticos expresados en kWh/m² (escenario A).

12.5.2 Escenario C

Electricidad kWh/Alumno
235
67
168

Figura 12-141: Ahorros energéticos expresados en kWh/alumno (escenario C).

Electricidad kJ/Alumno
844.329
241.102
603.227

Figura 12-142: Ahorros energéticos expresados en kJ/alumno (escenario C).

Electricidad kWh/m ²
38
11
27

Figura 12-143: Ahorros energéticos expresados en kWh/m² (escenario C).

12.6 Certificación LEED

El sistema elegido se muestra a continuación. Dentro de este sistema se ve que una de las aplicaciones es en las escuelas.

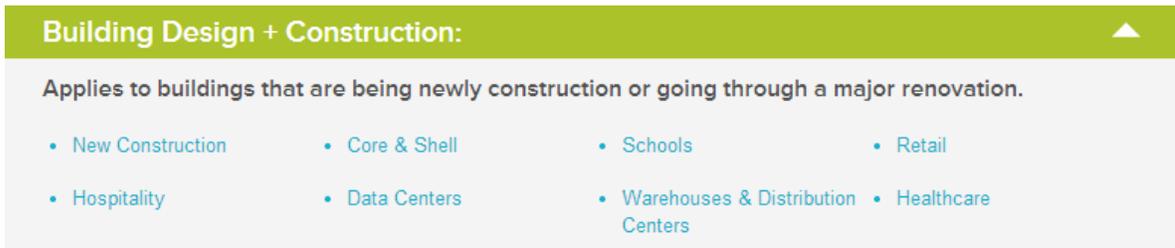


Figura 12-144: Posibles aplicaciones para el sistema de certificación LEED utilizado.

12.6.1 Datos de referencia

A continuación se aprecian los ítems por los cuales se suma puntos para lograr una certificación LEED:

TABLE 2. Credit Attributes			
Category	Prerequisite/ Credit	Credit Name	Design/Construction
SS Sustainable Sites			
SS	P	Construction Activity Pollution Prevention	C
SS	P	Environmental Site Assessment	D
SS	C	Site Assessment	D
SS	C	Site Development—Protect or Restore Habitat	D
SS	C	Open Space	D
SS	C	Rainwater Management	D
SS	C	Heat Island Reduction	D
SS	C	Light Pollution Reduction	D
SS	C	Site Master Plan	D
SS	C	Tenant Design and Construction Guidelines	D
SS	C	Places of Respite	D
SS	C	Direct Exterior Access	D
SS	C	Joint Use of Facilities	D

Figura 12-145: Ítems por los cuales se suman puntos.

TABLE 2. Credit Attributes			
Category	Prerequisite/ Credit	Credit Name	Design/Construction
WE Water Efficiency			
WE	P	Outdoor Water Use Reduction	D
WE	P	Indoor Water Use Reduction	D
WE	P	Building-Level Water Metering	D
WE	C	Outdoor Water Use Reduction	D
WE	C	Indoor Water Use Reduction	D
WE	C	Cooling Tower Water Use	D
WE	C	Water Metering	D

Figura 12-146: Ítems por los cuales se suman puntos.

TABLE 2. Credit Attributes			
Category	Prerequisite/ Credit	Credit Name	Design/Construction
EA Energy and Atmosphere			
EA	P	Fundamental Commissioning and Verification	C
EA	P	Minimum Energy Performance	D
EA	P	Building-Level Energy Metering	D
EA	P	Fundamental Refrigerant Management	D
EA	C	Enhanced Commissioning	C
EA	C	Optimize Energy Performance	D
EA	C	Advanced Energy Metering	D
EA	C	Demand Response	C
EA	C	Renewable Energy Production	D
EA	C	Enhanced Refrigerant Management	D
EA	C	Green Power and Carbon Offsets	C

Figura 12-147: Ítems por los cuales se suman puntos.

TABLE 2. Credit Attributes			
Category	Prerequisite/ Credit	Credit Name	Design/Construction
MR Materials and Resources			
MR	P	Storage and Collection of Recyclables	D
MR	P	Construction and Demolition Waste Management Planning	C
MR	P	PBT Source Reduction--Mercury	D
MR	C	Building Life-Cycle Impact Reduction	C
MR	C	Building Product Disclosure and Optimization--Environmental Product Declarations	C
MR	C	Building Product Disclosure and Optimization--Sourcing of Raw Materials	C
MR	C	Building Product Disclosure and Optimization--Material Ingredients	C
MR	C	PBT Source Reduction--Mercury	D
MR	C	PBT Source Reduction--Lead, Cadmium, and Copper	C
MR	C	Furniture and Medical Furnishings	C
MR	C	Design for Flexibility	D
MR	C	Construction and Demolition Waste Management	C

Figura 12-148: Ítems por los cuales se suman puntos.

TABLE 2. Credit Attributes			
Category	Prerequisite/ Credit	Credit Name	Design/Construction
EQ Indoor Environmental Quality			
EQ	P	Minimum Indoor Air Quality Performance	D
EQ	P	Environmental Tobacco Smoke Control	D
EQ	P	Minimum Acoustic Performance	D
EQ	C	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	D
EQ	C	Low-Emitting Materials	C
EQ	C	Construction Indoor Air Quality Management Plan	C
EQ	C	Indoor Air Quality Assessment	C
EQ	C	Thermal Comfort	D
EQ	C	Interior Lighting	D
EQ	C	Daylight	D
EQ	C	Quality Views	D
EQ	C	Acoustic Performance	D

Figura 12-149: Ítems por los cuales se suman puntos.

IN Innovation			
IN		Innovation	D/C
IN		LEED Accredited Professional	D/C

Figura 12-150: Ítems por los cuales se suman puntos.

RP Regional Priority				
RP		Regional Priority	D/C	n/a

Figura 12-151: Ítems por los cuales se suman puntos.

12.6.2 Checklist

La checklist que se utilizó para el análisis se presenta en la tabla 32:

 LEED 2009 for Schools New Construction and Major Renovations			Project Name
Project Checklist			Date
10	0	0	Notes:
Y	?	N	
Y			
Y			
1			
4			
3			
1			
1			

Sustainable Sites		Possible Points: 24
C	Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention
d	Prereq 2	Environmental Site Assessment
d	Credit 1	Site Selection
d	Credit 2	Development Density and Community Connectivity
d	Credit 3	Brownfield Redevelopment
d	Credit 4.1	Alternative Transportation—Public Transportation Access
d	Credit 4.2	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms
d	Credit 4.3	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles
d	Credit 4.4	Alternative Transportation—Parking Capacity
C	Credit 5.1	Site Development—Protect or Restore Habitat
d	Credit 5.2	Site Development—Maximize Open Space
d	Credit 6.1	Stormwater Design—Quantity Control
d	Credit 6.2	Stormwater Design—Quality Control
C	Credit 7.1	Heat Island Effect—Non-roof
d	Credit 7.2	Heat Island Effect—Roof
d	Credit 8	Light Pollution Reduction
d	Credit 9	Site Master Plan
d	Credit 10	Joint Use of Facilities

8	0	0		Water Efficiency	Possible Points: 11
Y	?	N			
Y			d	Prereq 1	Water Use Reduction—20% Reduction
2			d	Credit 1	Water Efficient Landscaping
					2 to 4
					2
					4
2			d	Credit 2	Innovative Wastewater Technologies
4			d	Credit 3	Water Use Reduction
					2 to 4
					2
					3
					4
			d	Credit 3	Process Water Use Reduction
					1

Notes:

10	0	0		Energy and Atmosphere	Possible Points: 33
Y	?	N			
Y			C	Prereq 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems
Y			d	Prereq 2	Minimum Energy Performance
Y			d	Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management
8			d	Credit 1	Optimize Energy Performance
					1 to 19
					1
					2
					3
					4
					5
					6
					7

Notes:

3 0 0			Materials and Resources		Possible Points: 13	
Y	?	N				
Y			d	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables	
1			C	Credit 1.1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1 to 2
					Reuse 75%	1
					Reuse 95%	2
1			C	Credit 1.2	Building Reuse—Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements	1
			C	Credit 2	Construction Waste Management	1 to 2
					50% Recycled or Salvaged	1
					75% Recycled or Salvaged	2
			C	Credit 3	Materials Reuse	1 to 2
					5% Reuse	1
					10% Reuse	2
			C	Credit 4	Recycled Content	1 to 2
					10% of Content	1
					20% of Content	2
1			C	Credit 5	Regional Materials	1 to 2
					10% of Materials	1
					20% of Materials	2
			C	Credit 6	Rapidly Renewable Materials	1
			C	Credit 7	Certified Wood	1

Notes:

3 0 0			Indoor Environmental Quality		Possible Points: 19	
Y	?	N				
Y			d	Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance	
Y			d	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	
Y			d	Prereq 3	Minimum Acoustical Performance	

Notes:

			d	Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1	
			d	Credit 2	Increased Ventilation	1	
			C	Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan—During Construction	1	
			C	Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan—Before Occupancy	1	
			C	Credit 4	Low-Emitting Materials	1 to 4	
					4.1 - Adhesives & Sealants	1	
					4.2 - Paints & Coatings	1	
					4.3 - Flooring Systems	1	
					4.4 - Composite Wood & Agrifiber Products	1	
					4.5 - Furniture & Furnishings	1	
					4.6 - Ceiling & Wall Systems	1	
			d	Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1	
			d	Credit 6.1	Controllability of Systems—Lighting	1	
			d	Credit 6.2	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1	
1			d	Credit 7.1	Thermal Comfort—Design	1	
1			d	Credit 7.2	Thermal Comfort—Verification	1	
			d	Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1 to 3	
					75% of classrooms	1	
					90% of classrooms	2	
					75% of other spaces	2 to 3	
			d	Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1	
1			d	Credit 9	Enhanced Acoustical Performance	1	
			d	Credit 10	Mold Prevention	1	
1	0	0	Innovation and Design Process		Possible Points: 6		
Y	?	N					
			d/ C	Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1	Notes:
			d/ C	Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1	
			d/ C	Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1	

			C				
			d/ C	Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1	
			d/ C	Credit 2	LEED Accredited Professional	1	
1			d/ C	Credit 3	The School as a Teaching Tool	1	
			Regional Priority Credits				
0	0	0					
	Y	?	N				Notes:
			d/ C	Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1	
			d/ C	Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1	
			d/ C	Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1	
			d/ C	Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1	
35	0	0	Total			Possible Points: 11	0

Certified 40 to 49 points Silver 50 to 59 points Gold 60 to 79 points Platinum 80 to 110

Tabla 12-32: Checklist para obtener la certificación LEED.

13. Bibliografía

Wikipedia. (19/04/2014). Crisis energética (economía).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_energ%C3%A9tica_\(econom%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_energ%C3%A9tica_(econom%C3%ADa))

Wikipedia. (19/04/2014). Teoría del pico de Hubbert.

http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_del_pico_de_Hubbert

Houston Independent School District. (19/04/2014). Cunningham Elementary – LEED Profile.

<http://www.houstonisd.org/Page/104048>

Costa Duran, Sergi. (2010). La casa ecológica. 159 páginas. Editorial Loft Publications. ISBN 978-84-92463-52-7.

Optimer System. (27/04/2014). Romper el puente térmico en cantos de forjado y Pilares.

http://www.optimersystem.com/noticias_optimer.php?id_noticia=30

Gasteizmografía. (27/04/2014). ¿Qué es un puente térmico?

<http://www.gasteizmografia.com/que-es-un-puente-termico/>

Ámbito financiero. (27/04/2014). Todo sobre el certificado energético para edificios y viviendas.

<http://ambito-financiero.com/certificado-energetico-edificios-y-viviendas/>

Google. (27/04/2014). Google PowerMeter: A Google.org Project.

<http://www.google.com/powermeter/about/>

PharmaRepublic. (29/04/2014). Escuelas Verdes, un programa de educación y gestión ambiental.

<http://pharmarepublic.net/escuelas-verdes-un-programa-de-educacion-y-gestion-ambiental/>

Houston Independent School District. (29/04/2014). Frost Elementary – LEED Profile.

<http://www.houstonisd.org/Page/104053>

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (29/04/2014). Primera Terraza Verde en escuela porteña.

<http://www.buenosaires.gob.ar/noticias/primera-terrazza-verde-en-escuela-portena>

Servicio Meteorológico Nacional. (30/04/2014). Valores medios de temperatura y precipitación – Capital Federal.

<http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=5&var=capitalfederal>

Lumenac Iluminación. (10/05/2014). Home Page.

http://www.lumenac.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=32&lang=es

ENARGAS. (25/05/2014). Norma NAG-235.

<http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Normas/Nag235.pdf>

EQA SAIC. (08/06/2014). Datos técnicos de quemadores.

<http://www.eqa.com.ar/>

Google Maps. (08/06/2014).

<https://www.google.com/maps/preview>

Calendario y feriados. (12/06/2014). ¿Cuál es el país con mayor cantidad de feriados del mundo?

<http://calendarioyferiados.com.ar/cual-es-el-pais-con-mayor-cantidad-de-feriados-del-mundo/>

Wikipedia. (14/06/2014). Sector eléctrico en Argentina

http://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_Argentina

13.1 Iluminación

Tubos Sylvania. (21/06/2014). Datos técnicos.

http://www.iluminacion.net/sylvania/lamparas-fluorescentes_stan.html

Tubos Philips. (21/06/2014). MASTER LED Tube.

<http://www.catalogoslighting.com.ar/lamparas/tubos-led/master-led-tube-839.289.html>

LEDmanía. (21/06/2014). ¿Cómo sustituir los tubos fluorescentes por tubos LED?

<http://www.ledmaniasl.es/site/herramientas/manuales-y-soluciones/item/como-sustituir-los-tubos-fluorescentes-por-tubos-led-3>

13.2 Calefacción

Terra. (21/06/2014). Calefacción de bajo consumo (I)

<http://www.terra.org/categorias/articulos/calefaccion-de-bajo-consumo-i>

13.3 Cubierta Verde

Economía & Viveros. (28/06/2014). Techos y paredes verdes.

http://www.economiayviveros.com.ar/enero2013/actualidad_floricola_3.html

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (28/06/2014). Cubiertas verdes en edificios públicos.

http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/archivos/cubiertas/inf_tecnico_cubierta_verde.pdf

El Universo. (28/06/2014). Tejados y muros verdes para reducir contaminación en Colombia.

<http://www.eluniverso.com/vida-estilo/2014/04/08/nota/2649711/tejados-muros-verdes-reducir-contaminacion-colombia>

Blogger. (28/06/2014). Compensar CO2 plantando árboles sí pero... ¿cómo?

<http://plantando-conciencia.blogspot.com.ar/2012/03/compensar-co2-plantando-arboles-si-pero.html>

13.4 Paredes

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (28/06/2014). Conductividad térmica y densidad.

<http://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/2-%20CALOR/4-Construccion/C.6.4%20Conductividad%20t%E9rmica%20y%20densidad.PDF>

Revco. (28/06/2014). Sistema de aislamiento térmico.

<http://www.revco.es/>

Eroski Consumer. (28/06/2014). El corcho, un aislante muy eficaz.

<http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria/2014/03/25/219573.php>

Barnacork S.L. (28/06/2014). Corcho para pared.

<http://www.barnacork.com/>

13.5 Vidriado

Aislar S.R.L. (28/06/2014). Doble Vidriado Hermético.

<http://www.aislarweb.com.ar/dvh.html>

Ekoglass. (28/06/2014). Beneficios.

http://www.ekoglass.com.ar/static/beneficio_ekoglass.html

13.6 Sensores de apagado

General Industrial Controls Private Limited. (28/06/2014). Time Switches.

<http://gicindia.com/Products.aspx?Id=6D935FD9078493EC12C92FCE56CD85D5F9C708006EF5B12A16D59F0DCE8C7788C2D03D1CD77095B6405D8FFCE919D3EE421B9A3351233E2EF2D2C73FC939A1A5FA3A8C8C7C6EC574734E3DAE6BAA0847F6F7BF4C0F7CD31989A8CEABF23705271A474C79>

13.7 Cuidado del agua

Decohogar. (28/06/2014). Sanitarios.

<http://www.decohogar.com.ar/index.php>

Diario ABC. (28/06/2014). Cincuenta litros de agua al día bastarían

<http://www.abc.es/20120322/natural-vivirenverde/abci-mundial-agua-consumo-201203221113.html>

WaterSaver Technologies™. (28/06/2014). Introducing the AQUUS® from WaterSaver Technologies.

<http://www.watersavertech.com/AQUS-System.html>

13.8 Computadoras

HP. (28/06/2014). Compaq Home Desktop PCs.

<http://www8.hp.com/ar/es/products/desktops/product-detail.html?oid=5398791#!tab%3Dspecs>

13.9 Bonos de carbono

Global Alliance for Clean Cookstoves. (28/06/2014). Carbon Credit Prices for Improved Cookstove Projects.

<http://carbonfinanceforcookstoves.org/carbon-finance/prices-for-improved-cookstove-projects/>

13.10 Certificación LEED

US Green Building Council. (04/07/2014). LEED Overview.

<http://www.usgbc.org/leed/rating-systems/schools>

US Green Building Council. (04/07/2014). LEED 2009 for Schools New Construction and Major Renovations.

<http://www.usgbc.org/>

Cyterszpiler, Eduardo, 2011. Diseño, construcción y operación de un edificio sustentable con certificación LEED. Director de tesis: Félix T. Jonas.

13.11 CAPM

New York University. (04/07/2014). Annual Returns on Stock, T.Bonds and T.Bills: 1928 – Current.

http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html

New York University. (04/07/2014). Betas by Sector.

http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

ámbito.com. (04/07/2014). Argentina - Riesgo País.

<http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=2>