

## **PREDIMENSIONADO SIMPLIFICADO DE INSTALACIONES SOLARES DE AGUA CALIENTE SANITARIA SEGÚN LOS CRITERIOS Y NORMATIVAS BÁSICAS DE ARQUITECTURA ESCOLAR.**

Marusic J. A.<sup>1</sup>, Evans J. M.<sup>2</sup>, de Schiller S.<sup>3</sup>, Casabianca G.<sup>4</sup>  
Centro de Investigaciones Hábitat y Energía (CIHE)  
SI - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU)  
Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA) – Buenos Aires  
Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria C1428BFA, Buenos Aires  
Tel/Fax: 011-4859-6488 – E-mail: jorgemarusic@cenitsolar.com.ar

**RESUMEN:** El trabajo propone tablas de predimensionado para instalaciones solares de agua caliente de uso sanitario para edificios escolares. Tomando como base los parámetros específicos de consumo, se determinaron consumos de agua caliente para algunas tipologías de escuelas, siguiendo los Criterios y Normativas Básicas de Arquitectura Escolar, en el proceso de instrumentación de la Ley Federal de Educación, definiendo los volúmenes de agua caliente y las áreas de captación necesarias para lograr temperaturas de uso del orden de los 45°C, con rendimientos anuales próximos al 77%, para una localidad de Buenos Aires, utilizando el método f-chart. Se obtuvo así una serie de planillas que permiten el rápido predimensionado de las instalaciones solares para agua caliente de uso sanitario. Para determinar la fracción solar definitiva de cada instalación es necesario aplicar el método f-chart. Con estas planillas se puede establecer rápidamente las dimensiones de la instalación para facilitar su integración arquitectónica.

**Palabras clave:** Instalaciones solares, arquitectura escolar, normativa escolar.

### **INTRODUCCIÓN**

El objetivo del presente trabajo es establecer una forma simple de predimensionar instalaciones solares de agua caliente para uso sanitario en escuelas, tendiente a facilitar la comprensión de las dimensiones reales de las mismas y de esta manera lograr que estén contempladas desde la etapa de proyecto en los edificios escolares, favoreciendo de esta manera su integración arquitectónica y por ende disminuyendo el rechazo por las complicaciones técnicas y de imagen que pudiera producir su aplicación cuando no fueron contempladas desde las etapas iniciales de proyecto. También posibilita verificar el dimensionamiento de propuestas técnicas de instalaciones.

Normalmente la forma de predimensionado de sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua se realiza mediante el método F-chart (Beckman et al, 1977), que arroja resultados muy exactos pero que resulta de difícil comprensión por parte de quien no es un especialista o experto en la materia, ya que es necesario manejar de información proveniente de distintos ámbitos como datos climáticos, radiación solar, características técnicas específicas de los componentes, consumos de agua caliente para los distintos usos y funciones de edificios, y el cálculo de las variaciones de estos valores cuando las orientaciones y pendientes de la instalación varían de un caso a otro. Por estos motivos, la aplicación de este método por los profesionales resulta engorrosa y obliga a realizar estudios de actualización o recurrir a un profesional del área desde los comienzos de las tareas de proyecto, para llegar a buen término con la correcta integración en la envolvente del edificio, sin perjudicar la imagen del mismo, actualización o encomienda que no suelen realizarse y llevan a la no aplicación de estas tecnologías o a aplicaciones erróneas con resultados poco afortunados.

El Decreto N° 140/07 del Poder Ejecutivo Nacional (Decreto N° 140/07, 2007), establece el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de Energía que promueve medidas de conservación y uso de energías renovables, e indica la importancia de aplicaciones en edificios que dependen del Estado Nacional y Provincial. Los edificios escolares ofrecen una importante oportunidad de implementar instalaciones solares, por el número de edificios, su demanda de agua caliente y la posibilidad de colocar las instalaciones en ubicaciones con asoleamiento favorable.

---

<sup>1</sup> Arq., Docente e Investigador CIHE, FADU, UBA.

<sup>2</sup> Dr. Arq., Director CIHE, FADU, UBA.

<sup>3</sup> Dr. Arq., Codirectora CIHE, FADU, UBA.

<sup>4</sup> Directora Proy. UBACyT A 404 y 20020090200365, *Desarrollo de un sistema de certificación energética regional para edificios escolares*, Progr. Científica UBA 2010-2012

Si bien la arquitectura escolar presenta una interesante oportunidad para implementar el uso de energías renovables, no hay un incentivo que promueva este tipo de aprovechamiento energético en nuestro país como parte de una política oficial al respecto. En Australia, por ejemplo, el Programa Nacional Solar para Escuelas (NSSP: National Solar Schools Program, 2010), otorga una subvención de hasta 100.000 dólares australianos para escuelas o proyectos que incorporen el uso de energía solar, tanto para acondicionamiento térmico como para calentamiento de agua.

Un ejemplo interesante es el caso de los Estados Unidos, donde dos instrumentos complementarios, la Norma LEED para certificación de edificios escolares (USGBC – U.S. Green Building Council, 2007), y el National Best Practices Manual for Building High Performance Schools (US Department of Energy, 2002), de la Secretaría de Energía, promueven este tipo de aprovechamiento como importante factor para reducir el gasto energético del edificio en su etapa de uso. La norma LEED, en el ítem Energía y Atmósfera, permite lograr hasta 10 puntos por la optimización del comportamiento energético del edificio. Si bien en general la norma enfatiza aspectos vinculados al acondicionamiento térmico y a la iluminación, propone en el pre-requisito 2EA la minimización del consumo de energía; hace referencia a los beneficios resultantes del uso de energía solar, no sólo para los aspectos mencionados sino también para el calentamiento solar de agua para reducir el consumo de energía no renovable utilizado con este fin. Se refieren a este punto los Créditos EA 1 (optimización del comportamiento energético) y EA 2 (uso local de energías renovables) de la norma; el primer crédito otorga entre 2 y 10 puntos según la reducción del consumo de energía no renovable logrado (entre el 14 % y el 42% como máximo), mientras que el segundo permite obtener entre 1 y 3 puntos favorables para la certificación.

El National Best Practices Manual, utilizado como guía de diseño para proyectos de arquitectura escolar, tiene un extenso capítulo dedicado a la eficiencia energética y, aunque apunta sobre todo al acondicionamiento térmico y la iluminación del edificio, incluye una parte sobre sistemas con energías renovables. Los puntos RE2 y RE3 de la guía de diseño hacen referencia a sistemas de calentamiento solar del agua de uso en el edificio y para precalentar el agua de las piscinas en las escuelas que presenten este equipamiento. Exponen brevemente las características de los equipos a utilizar, los beneficios asociados y enfatiza la importancia de incorporar estos sistemas desde el planteo inicial del anteproyecto edilicio para evitar problemas de imagen arquitectónica o incompatibilidad con otros sistemas de acondicionamiento del edificio. Algo similar se propone en el punto A57 de la Guía de Diseño K12 (ASHRAE, 2008) donde presenta al calentamiento solar del agua como una estrategia importante para reducir el consumo (y los costos) de energía hasta en un 30 % respecto a un edificio convencional.

Mediante un análisis de los Criterios y Normativas Básicas de Arquitectura Escolar vigente (Ministerio de Educación, 1997), y otras pautas factibles de ser implementadas mediante la Ley Federal de Educación 24.195 (Ministerio de Educación, 1993), se determinaron los volúmenes de agua caliente de uso sanitario necesarios para satisfacer la demanda de los claustros de EGB1, EGB2, EGB3 y Polimodal para tres tipologías distintas según la cantidad de aulas del establecimiento (6, 12 o 18 aulas). Además de los consumos básicos por alumno se consideraron los consumos correspondientes al personal docente, administrativo y de servicio y otros consumos específicos como comedor, gimnasio e internados. Dado que la normativa permite distintas opciones de configuración de los establecimientos, se establecieron valores de volumen de agua caliente y superficie de captación separados por función, quedando a criterio de los responsables del proyecto la forma de agrupamiento de los distintos sistemas para definir la configuración final de la instalación.

La aplicación de estas planillas permitirá definir rápidamente las superficies de captación necesarias para integrarlas correctamente en la envolvente edilicia, de forma tal que no afecten negativamente el diseño arquitectónico del edificio sino que, por el contrario, aumenten su valor arquitectónico por la incorporación de tecnología de última generación que ayude a cuidar el medio ambiente. Las planillas también indican el volumen del tanque acumulador para el correcto dimensionado de la sala de máquinas.

## **METODOLOGÍA**

Mediante el análisis de los Criterios y Normativas Básicas de Arquitectura Escolar, se determinó la cantidad de alumnos que concurren a un establecimiento educativo de EGB1, EGB2 o EGB3 y Polimodal, según sea su configuración de 6, 12 o 18 aulas, considerando la cantidad máxima de alumnos que puede concurrir a cada curso (Tabla 1 y 2).

Considerando los consumos establecidos en el Artículo 9°- “Parámetros específicos de consumo promedio internacionalmente aceptados según tipología del edificio” del “Proyecto de Ley Sobre la Incorporación de Sistemas de Captación de Energía Solar en los Edificios” (CADER, 2010), se definieron los siguientes consumos diarios por persona:

- escuelas = 5 l/alumno/día,
- comedor = 20 l/persona/día,
- cafeterías = 2 l/persona/día,
- gimnasios = 50 l/persona/día (se considera que serán utilizados por un nivel diario),
- internado = 150 l/persona/día (se considera un 10% de internados).

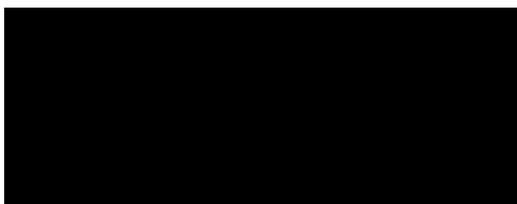


Tabla 1: Planilla de cantidad máxima de alumnos en establecimientos EGB1, EGB2 y EGB3.

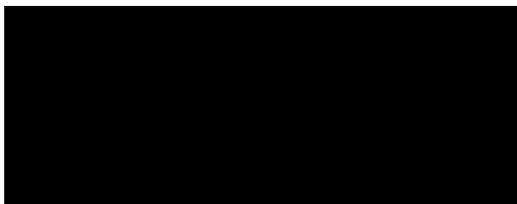


Tabla 2: Planilla de cantidad máxima de alumnos en establecimientos POLIMODAL

En el caso de internados, el volumen establecido incluye agua fría y caliente, por lo que consideraremos un 50% de agua fría y un 50% de agua caliente, quedando entonces que internados = 75 l/persona/día. Para facilitar su comprensión, todos estos valores se encuentran resumidos en planillas (Tablas 3 y 4).

Con los valores de consumo diario por persona, se determinaron los volúmenes de acumulación de agua caliente de uso sanitario, para los que se tomó un tiempo de autonomía igual a 1 día (Tablas 3 y 4). Serán las condiciones climáticas del lugar, las características del establecimiento y sus posibilidades de albergar a la instalación, las que determinen la posibilidad de aumentar el tiempo de autonomía adoptado.

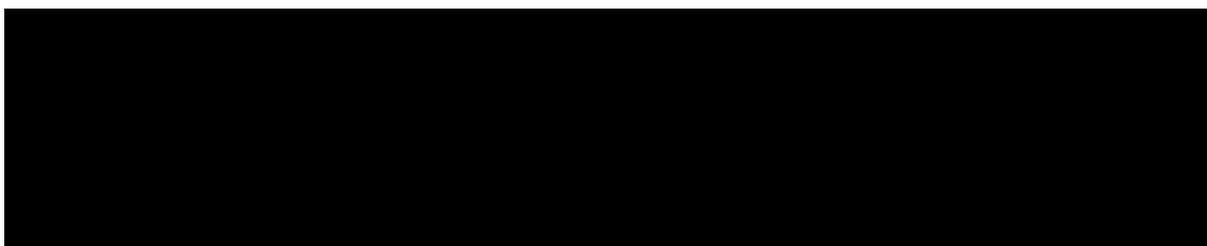


Tabla 3: Planilla de consumo por persona y volumen de acumulación total.

POLIMODAL		Volumen de acumulación				
Nº aulas	Nº alumnos	Sanitarios	Comedor	Cantina	Gimnasios	Internados
		5 l/persona	20 l/persona	2 l/persona	50 l/per/6	75 l/per/10
6 aulas	240	1200	4800	480	2000	1800
12 aulas	480	2400	9600	960	4000	3600
18 aulas	720	3600	14400	1440	6000	5400

Tabla 4: Tabla de predimensionado de instalaciones solares para establecimientos educativos según cantidad de personal.

Una vez definido el volumen de acumulación de la instalación, se determinaron las áreas de captación necesarias para el adecuado calentamiento del volumen de acumulación correspondiente al agua de uso sanitario del alumnado, mediante la aplicación del método F-chart, por ser este el uso del establecimiento que estará en todas las configuraciones, mientras que las otras funciones no siempre son obligatorias (Figura 5).

Cuando se obtuvo una fracción solar anual del orden del 77%, que se consideró satisfactoria, se determinó la relación volumen de acumulación/área de captación, llegándose a un valor  $V/A= 90,91$  litros/m<sup>2</sup> (1).

$$V/A= \text{Volumen de acumulación} / \text{Área de captación} \quad (1)$$

Aplicando esta relación a cada uno de los volúmenes de acumulación obtenidos en las Tablas 3 y 4, se desarrolló una planilla con los valores necesarios de área de captación y volumen de acumulación para cada una de las funciones restantes (Tabla 6). Esta planilla permitirá la rápida consulta y comprensión de las dimensiones finales de la instalación solar necesaria en cada establecimiento, pudiendo considerarse como una planilla de predimensionado para instalaciones solares de agua caliente de uso sanitario en establecimientos educativos.

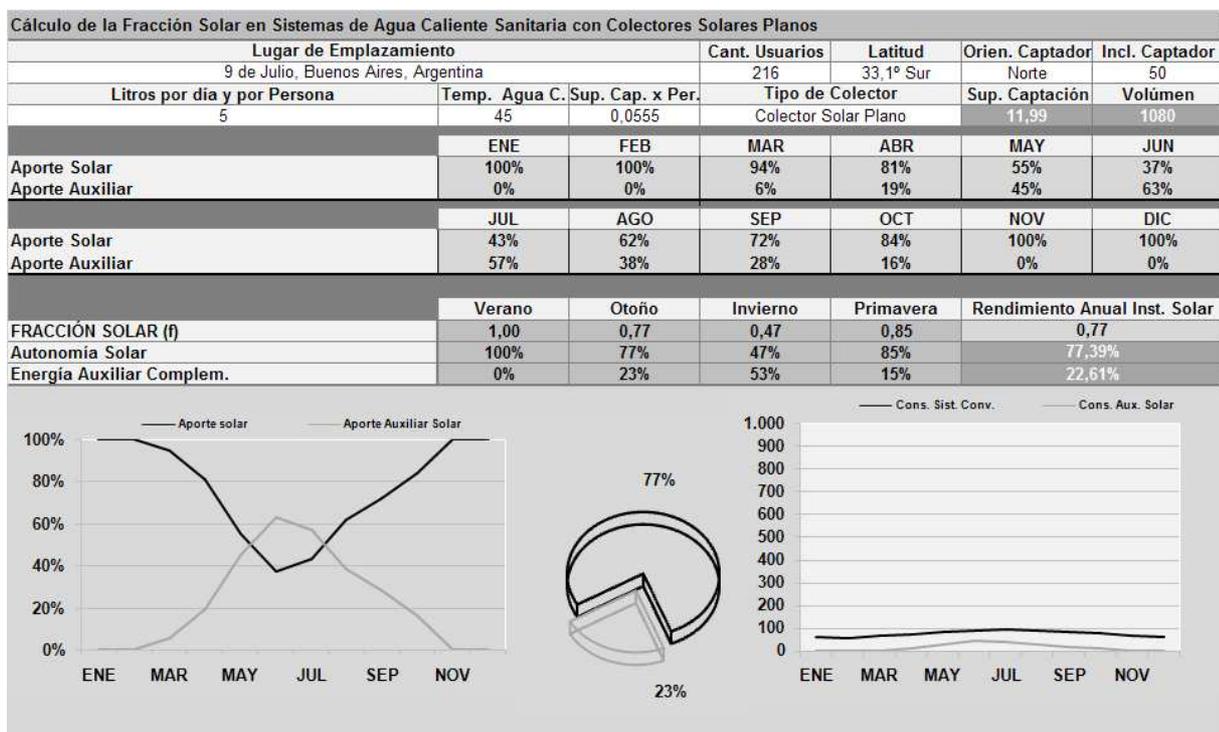


Figura 5: F-chart de instalación de agua de uso sanitario para 216 alumnos, 5 litro/alumno, fracción solar anual 77%.

Tipo de establecimiento		Volumen de acumulación/ Área de captación				
Nº aulas	Nº alumnos	Sanitarios	Comedor	Cantina	Gimnasios	Internados
		5 l/persona	20 l/persona	2 l/persona	50 l/per/6	75 l/per/ 10
6 aulas	216	1080/ 12	4320/48	432/4,8	1800/20	1620/ 18
12 aulas	432	2160/24	8640/96	864/9,6	3600/40	3240/36
18 aulas	648	3240/36	12920/144	1296/14,4	5400/60	4860/54

Tabla 6: Planilla de predimensionado de instalaciones de agua caliente solar en establecimientos educativos.

Manteniendo la relación volumen de acumulación/área de captación, se realizó un nuevo cálculo de verificación con los consumos necesarios en el comedor y gimnasios, que demostró que la fracción solar se mantenía en iguales porcentajes (Figuras 7 y 8).

Los valores de radiación utilizados en el cálculo, corresponden a la localidad de 9 de Julio, Buenos Aires y se consideró una inclinación de los captadores de 50° y los colectores considerados tienen un  $K_o = 0,77$  y un  $K_p = -4,548$ .

Si bien no es posible generalizar la fracción solar que alcanzará una instalación en distintas localidades y materializada con distintos componentes, lo que se pretende es dar las primeras nociones sobre la magnitud de la instalación necesaria, dejando bien en claro que será necesario recalculer las fracciones solares para cada localidad, ya que en su cálculo intervienen varios factores que se modifican de una instalación a otra, como la diferencia de oferta solar, la pendiente necesaria en los captadores, las características de los componentes, las temperaturas de la región, etc.

La búsqueda de un criterio de proporcionalidad entre volumen de acumulación y área de captación, surgió teniendo en cuenta que en estos edificios los consumos por ocupante ya se encuentran definidos para cada actividad, por lo tanto, si se define la proporción necesaria para alcanzar una determinada fracción solar anual para uno de los tipos de consumo, manteniendo esta proporción entre el volumen de acumulación y área de captación de las distintas actividades, se mantendrá la fracción solar anual. De esta manera se hace posible realizar un rápido predimensionado de las instalaciones.

Con esta metodología de predimensionado de instalaciones solares para el calentamiento de agua de uso sanitario, se realiza el predimensionado en forma separada para cada una de las actividades incluidas en el establecimiento educativo según su configuración final, y posteriormente se pueden sumar entre sí los volúmenes de acumulación y áreas de captación que a criterio del proyectista puedan agruparse en una misma instalación, ya sea que se trate de una sola o de varias distribuidas en distintos sectores, dependiendo esto de la configuración del establecimiento y de la distribución de los puntos de consumo, y será sobre este proyecto final sobre el que se verificará la fracción solar definitiva.

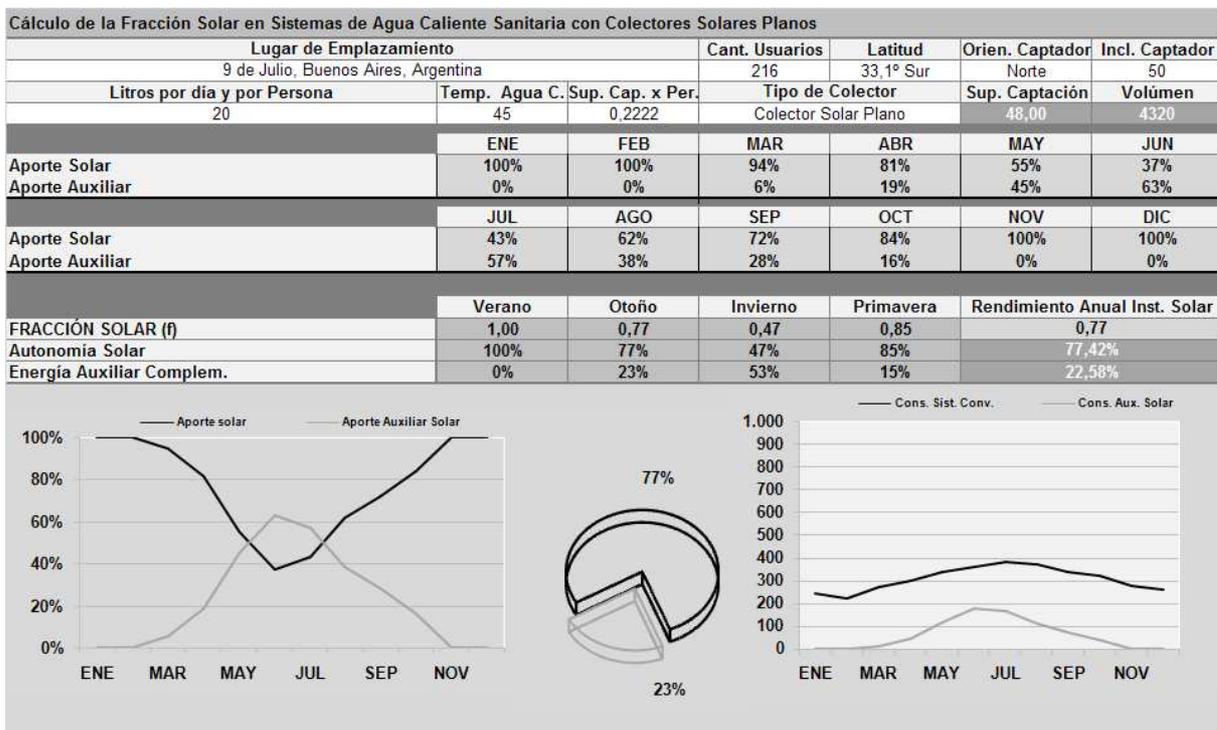


Figura 7: F-chart de instalación agua de uso sanitario para comedor 216 alumnos, 20 litro/alumno, fracción solar anual 77%.

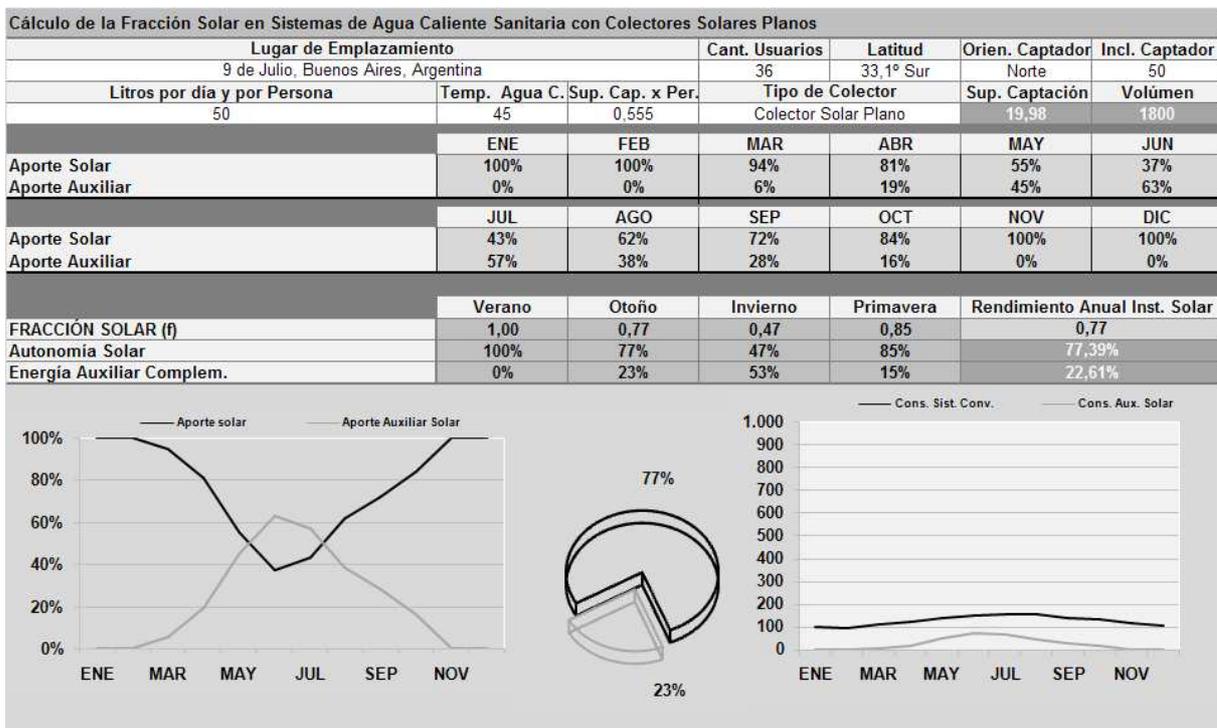


Figura 8: F-chart de instalación agua de uso sanitario para gimnasios 36 alumnos, 50 litro/alumno, fracción solar anual 77%.

Dado que el uso de los establecimientos educativos, en la mayor parte del país, sucede durante el período de invierno y durante el período de verano se entra en receso escolar, será importante adoptar pendientes en el área de captación que favorezcan la captación en invierno y la disminuyan en verano, logrando de esta manera que las instalaciones tengan un funcionamiento más parejo a lo largo del año y disminuyendo los peligros de sobrecalentamiento estival que generan situaciones límite en las instalaciones, ocasionando en muchas oportunidades la salida de servicio de las mismas. Por otro lado, en los períodos del año con temperaturas ambiente menores el consumo de agua caliente es mayor, mientras que cuando las temperaturas ambiente comienzan a subir los consumos de agua caliente disminuyen considerablemente, factor que fortalece la idea de que la pendiente de las áreas captadoras deben favorecer los períodos invernales más allá de que sea o no la forma en que la instalación genera la mayor cantidad de energía a lo largo de todo el año. Del análisis de la radiación solar a lo largo del año para la localidad de 9 de Julio (latitud 35° 35'), realizada con una planilla electrónica desarrollada en el Centro de Investigaciones Hábitat y Energía, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional

de Buenos Aires, con un azimut de 0°, se determinó que las superficies con pendientes de 50° presentaban una disminución en la cantidad de radiación total incidente del orden del 1,37% y en pendientes inclinadas a 60° presentaba una disminución del 3,72%, en relación a la máxima, que se producía en superficies inclinadas a 35°.

## CONCLUSIONES

Un aspecto importante para fomentar el uso de instalaciones solares en edificios escolares es facilitar o guiar las indicaciones de diseño para su implementación por parte de los profesionales encargados de proyectarlos. La planilla presentada en la Tabla 6 es una herramienta que permite un rápido predimensionado de las instalaciones de agua caliente de uso sanitario para establecimientos educativos, aunque será necesario verificar la fracción solar mensual y anual mediante el método F-chart. No es posible dejar tabulada también la fracción solar de una instalación, ya que esta depende de muchas variables según la localidad y las características de los componentes utilizados. Si es conveniente adoptar pendientes que favorezcan la captación invernal, ya que así se logra una fracción solar apropiada a lo largo del año, se favorece a los períodos de mayor consumo, con pocos meses donde se pueden producir sobrecalentamientos excesivos, específicamente en verano, cuando el establecimiento tiene poco uso. La disminución de la energía captada por aumentar la pendiente de los captadores puede variar entre el 1% y el 5% aunque mejorarán las condiciones de funcionamiento de la instalación, disminuyendo el número de situaciones extremas por sobrecalentamiento estival, y por ende su integridad.

La planilla pretende ser una herramienta que permita la rápida evaluación de las dimensiones de la o las instalaciones solares en edificios escolares para facilitar su integración arquitectónica desde las primeras etapas del proyecto del edificio. Se considera que esta metodología permitirá una rápida comprensión de las características dimensionales de las instalaciones que se deben aplicar en los establecimientos educativos, aumentando así las posibilidades de implementación y la aceptación del sistema por parte de los profesionales.

Como resultado a resaltar se encontró que es posible realizar un predimensionado menos exacto pero más rápido que permite el acercamiento a estas tecnologías de un mayor número de personas, siempre teniendo en cuenta que será necesaria la verificación final mediante los métodos apropiados. También es posible lograr una mayor aproximación a los resultados reales aplicando esta metodología a un mayor número de localidades significativas dentro del territorio nacional. La metodología puede ser aplicada también en edificios con otras funciones como edificios de oficinas, edificios gubernamentales, etc., determinando nuevos estándares en función al número de usuarios. Si bien fue pensado para edificios de EGB y Polimodal, también se puede utilizar este método de predimensionado de instalaciones solares para agua caliente en establecimientos destinados a jardín de infantes.

**RECONOCIMIENTOS:** Aspectos parciales de este trabajo forman parte de los proyectos UBACyT A017, “Evaluación y certificación de edificios energéticamente eficientes”; A404, “Desarrollo de pautas de eficiencia energética para edificios escolares” y 20020090200365 “Desarrollo de un sistema de certificación energética regional para edificios escolares” y el PAE N° 22.559.

## REFERENCIAS

- Ministerio de Educación (1997), Criterios y Normativas Básicas de Arquitectura Escolar, Anteproyecto, Presidencia de la Nación, Buenos Aires.
- Ministerio de Educación (1993), Ley N° 24.195, Ley Federal de Educación, Presidencia de la Nación.
- Beckman, W. A., Klien, S. A, y Duffie, J. A. (1977), Solar heating design by the f-Chart method, John Wiley & Sons, New York.
- CADER (2010), Proyecto de Ley Sobre la Incorporación de Sistemas de Captación de Energía Solar en los Edificios, Cámara Argentina de Energía Renovable, Buenos Aires.
- Decreto N° 140/07 (2007), Poder ejecutivo Nacional, Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de Energía, Boletín Oficial de la Nación 31309, 24/12/2007.
- ASHRAE- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2008) Advanced Energy Design Guide for K 12 School Buildings. ASHRAE – Atlanta, GA, Estados Unidos, ISBN 978-1-933742-21-2.
- USGBC – U.S. Green Building Council (2007) LEED for Schools. En [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org).
- US Department of Energy (2002), National Best Practices Manual for Building High Performance Schools. En [www.doe.gov/bridge](http://www.doe.gov/bridge)
- Australia, Gob., National Solar Schools Program, NSSP (2010), <http://www.climatechange.gov.au/government/programs-and-rebates/national-solar-schools>.

**ABSTRACT:** The paper proposes tables for dimensioning solar hot water installations for use in school buildings. Taking as a base the specific consumption parameters, the hot water demand for different types of schools, based on the Criteria and Basic Standards of School Architecture, defining the volumes of hot water storage and the areas of solar collectors needed to achieve temperatures close to 45° C, with an annual solar fraction of about 77 %, for a location in Buenos Aires, Using the f-chart method. In this way a series of tables were obtained that allow a rapid dimensioning for solar hot water installations. To obtain the exact solar fraction, the f-chart method should be applied. These tables allow the determination of dimensions of solar installations to encourage their integration in architectural design.

**Keywords:** solar installations, school architecture, school standards.