

# PRIMERA EXPERIENCIA DE UNA ESCUELA SOLAR EN UN ECOSISTEMA ARIDO

## DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA.

C. FILIPPIN <sup>1</sup>, A. ESTEVES <sup>2</sup>, A. PATTINI <sup>3</sup>, y C. DE ROSA <sup>4</sup>.

M. DE LA MATA <sup>5</sup>

Convenio Ministerio de Cultura y Educación de La Pampa-CONICET-LAHV-CRICYT

### RESUMEN

El diseño bioambiental adquiere importancia crítica en regiones marginales, alejadas de centros urbanos, y con acceso dificultoso a servicios básicos. Tal es el caso de poblaciones ubicadas en el extremo oeste pampeano, que por sus condiciones de clima continental severo, demanda pautas arquitectónicas que prestan especial atención al tema de la conservación de la energía. La localidad de Algarrobo del Aguila se encuentra ubicada en el oeste de la provincia de La Pampa, a 36°26', 67°09' y 320m de latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, respectivamente. El proyecto se desarrolló en una tira que ubica a la zona de aulas al Norte, y los servicios y la administración al Sur. Los orientamientos al norte permiten una ganancia directa de los aportes solares en invierno. La envolvente vertical y superior posee aislación de poliestireno expandido de 0.04 y 0.08 m respectivamente de espesor. El edificio se evaluó térmicamente utilizando el modelo de simulación SIMEDIF. Las aulas alcanzarían temperaturas interiores de 18°C sin calefacción auxiliar para el mes de agosto con cielo claro. La fracción de ahorro solar es del 62,7%. La evaluación lumínica se realizó para junio, agosto y noviembre, obteniéndose valores entre 300 y 500 lux.

### INTRODUCCION

Las regiones áridas son ambientes altamente sensitivos y se caracterizan por la coincidencia de extremos climáticos, los que se convierten en realidades básicas al momento de tomar decisiones. Dichos extremos climáticos son: la precipitación mínima y su variabilidad, elevados niveles de intensidad de radiación solar, importantes variaciones estacionales y diarias de la temperatura, y elevados

<sup>1</sup> Becaria Perfeccionamiento CONICET. Spinetto 785 - C.C. 132 - (6300) Santa Rosa, La Pampa.

<sup>2</sup> Investigador Asociado CONICET LAHV-CRICYT C.C. 131 (5500) Mendoza.

<sup>3</sup> Becaria Perfeccionamiento CONICET LAHV-CRICYT.

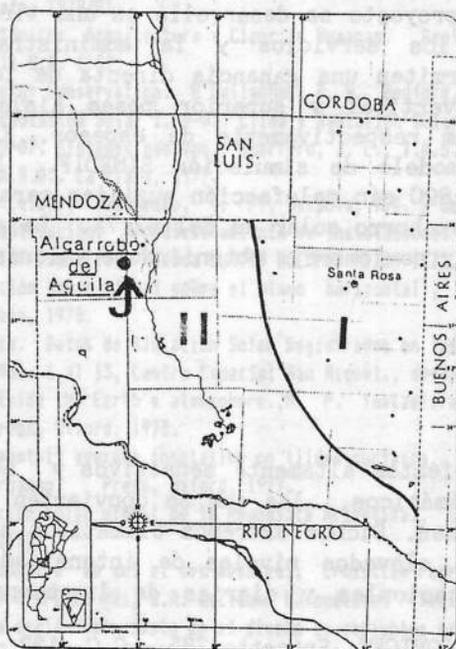
<sup>4</sup> Investigador Independiente CONICET LAHV-CRICYT.

<sup>5</sup> Técnico Secretaría de Planeamiento Educativo Ministerio de Cultura y Educación (L.P.).

albedos. (Golany, 1984). Más del 75% de nuestro país posee climas áridos y semiáridos. A este porcentaje La Pampa aporta su región árida centro-occidental con un área que abarca el 53% del territorio provincial.

Una clasificación macroambiental simplificada de la provincia de La Pampa en función de aspectos geomorfológicos, altimétricos, pluviométricos y fitogeográficos divide el territorio provincial en dos regiones muy diferenciadas. La Región 2, que toma parte del Centro, Sud y Oeste provincial, cubre un área de terrazas basálticas, suelos de elevada dureza, altimetría creciente hacia el N.O. (300 a 1.000m sobre el nivel del mar), elevados albedos y un régimen pluviométrico que responde a un ambiente típicamente desértico. Su vegetación es también típicamente desértica, con predominio del monte bajo, achaparrado y arbustos xerófilos. La región acusa una densidad poblacional de 0.06 a 0.1 hab./km<sup>2</sup>, el mayor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas y el mayor índice de analfabetismo de la provincia. (Filippín et. al., 1988).

La localidad de Algarrobo del Aguila se localiza al noroeste de la provincia, en la Región 2 descripta, y a 36°26', 67°09' y 320m de latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, respectivamente. (Mapa 1).



MAPA 1: CARACTERIZACIÓN MACRO-AMBIENTAL DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA.

**MATERIALES Y METODOS**

Al carecer la localidad de Algarrobo del Aguila de datos climáticos, debieron emplearse valores correspondientes a Santa Isabel, población distante a 80km de aquella. Los datos pertenecen a registros del Servicio Meteorológico Nacional, período 1961/1970. (Tabla 1). Debieron estimarse los valores de radiación global a partir de:  $kt = 0.21 + 0.67 \cdot HR$  (Filippín et. al., 1988), siendo kt el índice de claridad atmosférica y HR heliofanía relativa. En función de la radiación teórica y del índice de claridad atmosférica se obtuvieron los valores mensuales de radiación global para la localidad. Los datos fueron corroborados con los definidos por Grossi Gallegos (1985) en los Mapas de Distribución Anual y Estacional de los valores de Radiación Global para la República Argentina, 1985. Se calcularon los Grados-día de Calefacción Anual (Erbs et. al., 1981), base 18, 16 y 14°C, resultando valores de 1646, 1253 y 913 °C respectivamente.

**Tabla 1: Variables Climáticas de la Localidad de Santa Isabel Latitud: 36° 16' S, Longitud: 66° 55' y Elevación: 320m (Servicio Meteorológico Nacional).**

Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	X	SUM
HGLO	27.36	25.80	20.40	14.20	10.50	8.60	9.10	13.80	16.80	23.80	26.20	28.90	18.77	
HDIF	10.32	8.80	6.80	4.80	3.30	2.70	2.90	4.10	5.90	8.10	9.80	10.70	6.52	
TMAA	42.40	40.30	38.90	33.00	30.50	26.80	28.00	30.10	33.20	39.40	39.20	42.30	42.40	
TMAM	33.30	32.00	29.40	23.20	19.20	14.60	15.30	17.60	21.30	24.30	29.10	32.00	24.30	
TM	24.60	23.20	20.50	14.40	10.50	7.00	6.90	7.90	12.20	15.80	20.50	23.20	15.60	
TMIM	14.30	13.10	11.10	5.70	2.80	0.30	-0.60	0.10	2.80	6.90	10.70	13.00	6.70	
TMA	3.40	0.40	0.60	-4.60	-8.60	-11.40	-14.40	-11.30	-10.10	-4.10	-1.10	1.30	-14.40	
HREL	38.00	38.00	50.00	58.00	62.00	71.00	63.00	52.00	49.00	50.00	45.00	40.00	48.00	
HELFR	63.00	71.00	59.00	58.00	51.00	44.00	42.00	53.00	54.00	57.00	57.00	64.00	56.08	
KT	63.80	67.50	64.40	59.40	59.50	58.00	56.90	64.80	59.30	66.40	63.30	66.00	62.44	
PREC	33.00	22.00	46.00	34.00	13.00	20.00	16.00	4.00	17.00	56.00	40.00	39.00		340.00
GD18	1.00	2.00	14.00	119.00	235.00	331.00	345.00	317.00	178.00	90.00	13.00	2.00		1646.00
GD16	0.00	0.00	5.00	76.00	177.00	271.00	284.00	256.00	125.00	54.00	4.00	1.00		1253.00
GD14	0.00	0.00	1.00	44.00	124.00	214.00	224.00	198.00	82.00	26.00	1.00	0.00		913.00
GE23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
VELV	8.00	8.00	8.00	8.00	6.00	6.00	7.00	8.00	9.00	9.00	9.00	10.00	8.00	
HGCC	29.70	26.30	21.30	15.40	10.70	9.70	9.60	13.20	18.80	24.50	28.70	30.50		
NUBM	2.40	2.30	2.40	2.90	3.60	4.20	3.60	3.40	3.30	3.40	2.90	2.90	3.10	
TVAP	10.70	9.60	10.90	8.80	7.60	6.80	6.00	5.20	6.10	7.90	9.50	9.90	8.20	

HGLO: Radiación Global, HDIF, Radiación Difusa, TMAA: Temperatura Máxima Absoluta, TMAM: Temperatura Máxima Media, TM: Temperatura Media, TMIN: Temperatura Mínima, TMA: Temperatura Mínima Absoluta, HREL: Humedad Relativa, HELFR: Heliofanía Relativa, KT: Índice de Claridad Atmosférica, PREC: Precipitaciones, GD: Grado-días, VELV: Velocidad del Viento, NUBM: Nubosidad Media, TVAP: Tensión de Vapor



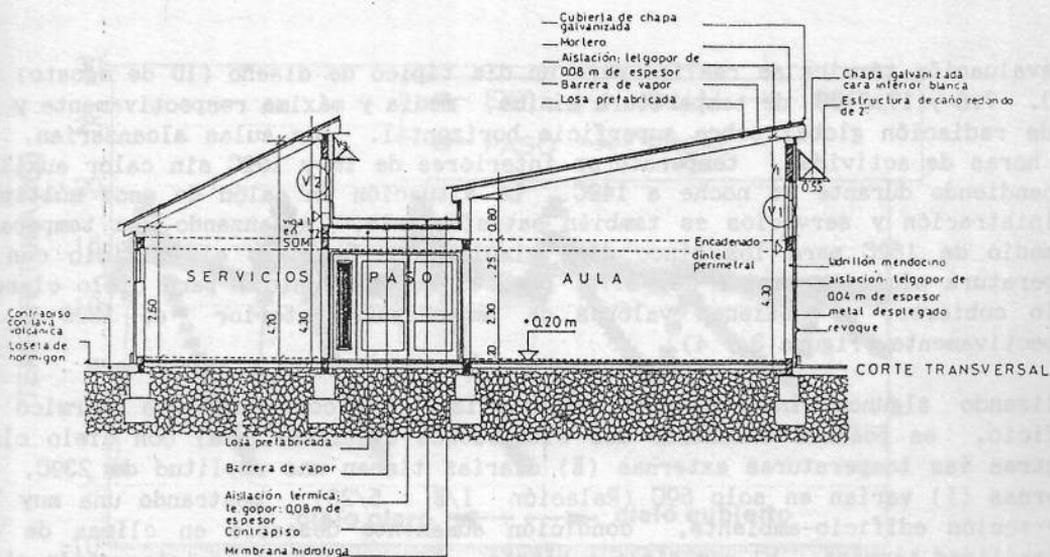


FIGURA 2: CORTE TRANSVERSAL DEL EDIFICIO.

La eficacia de los sistemas solares debe ser garantizada por un cuidadoso estudio de los aspectos de conservación de energía. A tal efecto la envolvente vertical se compone de: a) paramento de ladrillón mendocino, b) aislación de poliestireno expandido de 0.04m de espesor y c) revoque exterior. La envolvente superior está integrada por: a) estructura resistente (losa cerámica prefabricada), b) barrera de vapor, c) aislación de poliestireno expandido de 0.08m de espesor y d) chapa galvanizada como protección hidrófuga, mecánica y térmica.

La ganancia directa de energía solar en el edificio queda definida a través de aventanamientos cenitales, con paños fijos para evitar mecanismos de accionamiento y minimizar las pérdidas por infiltración, además de disminuir problemas de mantenimiento futuro. Corresponden 28,80 m<sup>2</sup> de ganancia directa al sector aulas (7,20 m<sup>2</sup>/módulo) y 17,30 m<sup>2</sup> al sector administración, salón de usos múltiples y servicios (4,30 m<sup>2</sup>/módulo). La carpintería se resuelve con marcos y hojas de madera en módulos de 1,10 \* 7m en aulas y 0,60 \* 7m en salón de usos múltiples, servicios y administración. En las aulas y hacia sus extremos, se incorporan módulos de carpintería bajo el dintel de hormigón para proveer, visuales hacia el exterior y ventilación cruzada. Las áreas transparentes se resuelven con láminas perfiladas de policarbonato. Se incluyen aleros de 0.55m de ancho para garantizar el sombreado de los aventanamientos cenitales, en los meses de verano.

## COMPORTAMIENTO TERMICO.

La evaluación térmica se realizó para un día típico de diseño (10 de agosto) con 0.10, 7.8 y 17.6 °C de temperatura mínima, media y máxima respectivamente y 13.6 MJ de radiación global sobre superficie horizontal. Las aulas alcanzarían, en las horas de actividad, temperaturas interiores de 18 y 19°C sin calor auxiliar, descendiendo durante la noche a 14°C. La situación en salón de usos múltiples, administración y servicios es también satisfactoria, alcanzando una temperatura promedio de 16°C para los cinco días simulados. Evaluado el edificio con una temperatura mínima exterior de -3.7°C para el mes de Junio, para cielo claro y cielo cubierto, se obtienen valores de temperatura interior de 16°C y 14°C respectivamente. (Figura 3 y 4).

Utilizando algunos índices para caracterizar el comportamiento térmico del edificio, es posible encontrar dos situaciones distintas. a) con cielo claro, mientras las temperaturas externas (E) diarias tienen una amplitud de 23°C, las internas (I) varían en solo 5°C (Relación I/E = 5/23), mostrando una muy baja interacción edificio-ambiente, condición sumamente deseable en climas de alta variabilidad térmica. b) con cielo cubierto, la magnitud de la interacción pierde relevancia, con una Relación I/E = 4.5/16 en las primeras 12 horas. Sin embargo esa relación tiende a desmejorar a medida que se acumulan horas con cielo cubierto y sin ganancia por radiación. El sistema entra en una pérdida térmica que deberá ser compensada con calefacción artificial. En otros términos, pese a que la interacción I/E es baja, la sustentabilidad térmica del edificio tiende a declinar en ausencia de un adecuado índice de radiación.

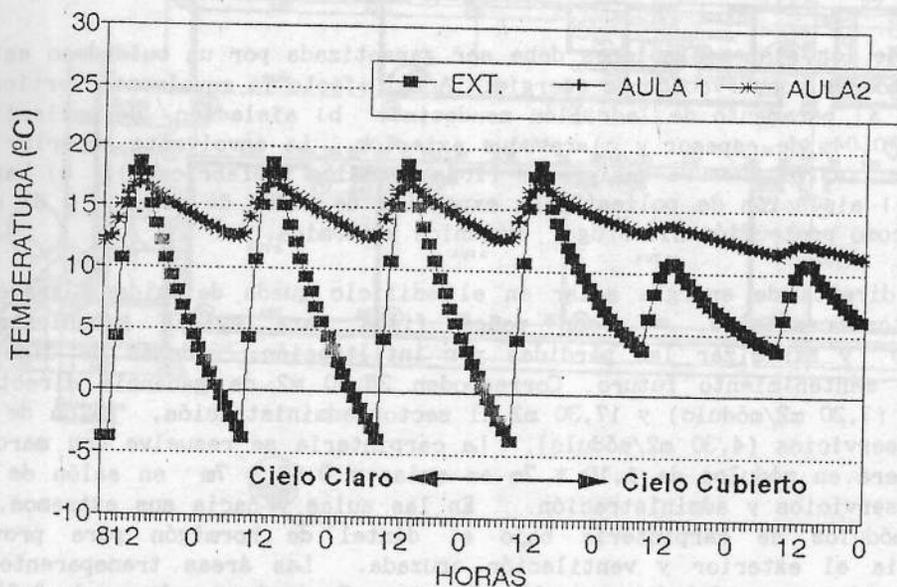
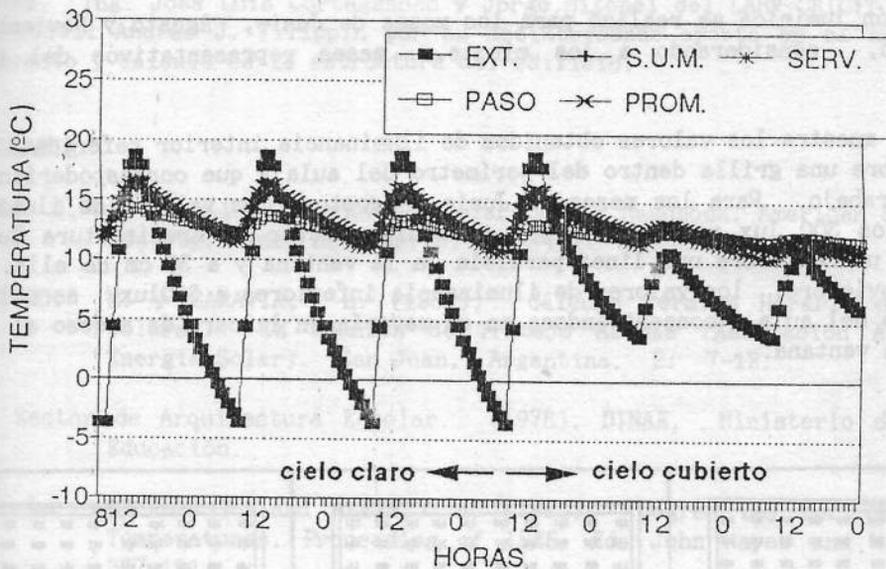


FIGURA 3: COMPORTAMIENTO TERMICO DEL SECTOR AULAS PARA EL DIA 15 DE JUNIO CON CIELO CLARO Y CIELO CUBIERTO. Referencias: EXT: exterior, AULA1: aulas extremas y AULA2: aulas centrales



**FIGURA 4: COMPORTAMIENTO TERMICO DEL SECTOR SALON USOS MULTIPLES, ADMINISTRACION, PASO Y SERVICIOS PARA EL DIA 15 DE JUNIO CON CIELO CLARO Y CIELO CUBIERTO**  
 Referencias: EXT: exterior, S.U.M.: salon de usos multiples, SERV: servicios, PROM: promedio

#### CALCULO DE LAS NECESIDADES DE CALOR AUXILIAR.

La cantidad de energía solar necesaria en un espacio interior en invierno depende fundamentalmente de la cantidad de pérdidas de calor al exterior a través de la piel del edificio. Las pérdidas por transmisión y por infiltración constituyen las pérdidas totales del edificio, resultando un Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP) de 657,9 W/°C (Watt/°C). Siendo la superficie del área colectora de 46,10 m<sup>2</sup> y en función del CNP obtenido, corresponde al edificio proyectado una Fracción de Ahorro Solar (FAS) del orden del 62,7%

El Calor Auxiliar Anual (CAA) resultante, en relación a los grados-día considerados, base 16°C, (GDA<sub>anual</sub>=1252 °C), el CNP y la FAS, es de 7373,7 kwh/año para 24 hs diarias de calefacción. Considerando un funcionamiento del edificio escolar de 8hs diarias, el calor auxiliar anual sería de 2.433,3 kwh/año equivalente a 453 litros de kerosene.

## RESULTADOS LUMINICOS

La evaluación lumínica se realizó para los meses de Junio, Agosto y Noviembre con cielo claro, considerando a los mismos, meses representativos del periodo escolar.

La Figura 5 muestra los valores obtenidos de iluminancia interior referida a puntos ubicados sobre una grilla dentro del perímetro del aula y que corresponderían a los planos de trabajo. Para los meses de Junio y Agosto, los valores de iluminancia menores a los 300 lux aconsejados por el Código Rector de Arquitectura Escolar (1978), se ubican sobre una línea paralela a la ventana y a 30 cm de ella. Para el mes de Noviembre, los valores de iluminancia inferiores a 300lux, se ubican en el perímetro del aula, concentrándose en su mayoría en la cara de acceso al aula opuesta a la ventana.

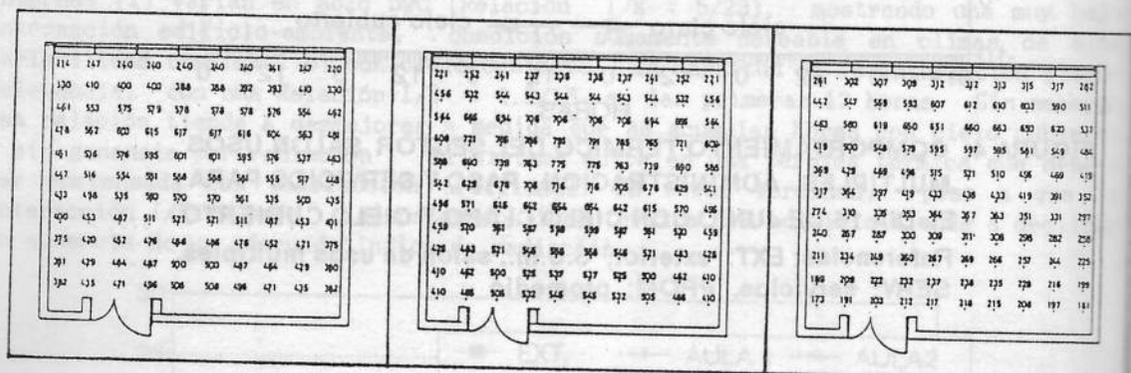


FIGURA 5: ILUMINANCIA INTERIOR EN AULAS PARA JUNIO, AGOSTO Y NOVIEMBRE EN DIAS CON CIELO CLARO (Unidad: Lux).

### CONCLUSIONES

Las pautas de diseño utilizadas parecen garantizar una baja interacción ambiental interior-exterior en días claros de alta amplitud térmica. Sin embargo, para dichos climas, será necesario estudiar nuevos componentes de diseño que minimicen la pérdida de sustentabilidad térmica en periodos prolongados con cielo cubierto, en los cuales la ganancia por radiación tiende a declinar.

Este comportamiento tiene implicancias con alto valor orientativo. En periodos de cielo claro debemos ocuparnos de minimizar el impacto de la amplitud térmica exterior sobre el ambiente interior del edificio. En periodos de cielo cubierto, deberíamos ocuparnos no tanto de las amplitudes térmicas, como de la pérdida de sustentabilidad térmica en el ambiente interior del edificio.

## ADICIONAMENTOS

Los autores agradecen la colaboración de la Arquitecta Mirza Basso, Ing. Jorge Fernández, Ing. José Luis Cortegenoso y Jorge Mitchel del LAHV-CRICYT (Mendoza) y al Ing. Civil Andrés J. Filippín por su desinteresado aporte en el asesoramiento del proyecto y cálculo de la estructura del edificio.

## BIBLIOGRAFIA

- COMB, J. et al. (1983). Passive Solar Design Handbook. American Solar Energy Society, Inc. Boulder. 3: 132-137.
- SERMEIRO, M. y SARAVIA, L. (1984). Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares. IX Reunión de Trabajo ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar). San Juan, Argentina. 2: 7-12.
- Edigo Rector de Arquitectura Escolar. (1978). DINA E, Ministerio de Cultura y Educación.
- BS, D., BECKMAN W. and KLEIN, S. (1981). Degree Day For Variable Base Temperatures. Proceeding of ISES. Ed. John Hayes and William. 6: 387-191.
- FILIPPIN, C., RAPALLINI, A. y CASAGRANDE, G. (1988). Análisis de restricciones ambientales y socio-económicas para el desarrollo de proyectos solares en la provincia de La Pampa. Actas XIII Reunión de Trabajo ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar). Salta, Argentina. 1: 123-132.
- Fuerza Aérea Argentina (1941/1950). Comando de Regiones Aéreas, Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas.
- LANY, G. (1984). Planificación Urbana en Zonas Áridas. México. Editorial Limusa, S.A., 274 p.
- ROSSI GALLEGOS, H., LOPARDO, R., ATIENZA, G. y GARCIA, M. (1985). Evaluación del Aporte Energético de Origen Solar en la República Argentina. I Congreso Argentino Sobre el Uso Racional de La Argentina Buenos Aires, Argentina. 3: 1217-1237.
- SELKOWICZ, S. et al. (1985) Superlite 1.0. Lawrence Berkeley Laboratory. University of California. Berkeley.