

RADIACION SOLAR EN INVERNADEROS

Víctor Jorge Marone
Marta Susana del Toro

Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Almirante Brown 500
Chacras de Coria - Mendoza

RESUMEN

La climatización de ambientes para el desarrollo de vegetales ha encontrado su solución solar en los clásicos invernaderos, que funcionan como típica trampa de energía.

La temperatura en el invernadero depende de muchas variables, entre las que se encuentran la energía solar incidente, el diseño, la orientación y la época del año.

El presente trabajo tiene por objeto dar a conocer los resultados del cálculo de la energía solar directa incidente en días soleados en tres modelos de invernaderos, para cuatro orientaciones doce meses del año, en Mendoza.

Se confirman supuestos previos y se dan a conocer valores y // conclusiones.

INTRODUCCION Y OBJETO

Los vegetales necesitan, tanto para su desarrollo como para / su crecimiento, la existencia simultánea de muchas condiciones ambientales.

En la naturaleza, dichas condiciones, particulares para cada planta, se dan con limitaciones en el espacio y en el tiempo, por lo que el paisaje vegetal natural es distinto en un lugar que en / otro y, para la misma ubicación geográfica, varía con la época del año.

La producción de cosechas fuera de época o fuera de zona, el aumento de los rendimientos unitarios y la mejor calidad de los // frutos pueden conseguirse creando el ambiente ideal artificialmente. Ello ha sido realizado tradicionalmente en los invernaderos // donde es posible controlar y modificar el suelo, la humedad, la // temperatura, la composición del aire, la iluminación, etc., y realizar con mayor eficiencia y comodidad tareas fitosanitarias, de / laboreo y fertilización.

De las variables citadas, dos dependen directamente del sol: la iluminación y la temperatura.

La iluminación puede ser por luz directa o difusa y la cantidad y tiempo disponibles pueden constituir factores limitativos para el crecimiento de las plantas. El invernadero puede llegar a modificar sustancialmente la cantidad y el tiempo de recepción de // luz directa, aunque regularmente ello no se busca. Sobre la radiación difusa produce muy poca modificación.

La temperatura que se da a cielo abierto, en cambio, es notablemente modificada por el invernadero, tanto que en ocasiones ello solo justifica su uso. Los valores que la temperatura toma en el / invernadero depende de muchas variables, entre las que se encuentran la energía solar incidente, el diseño, la orientación, la época del año, la humedad relativa interior, la ventilación, el riego y el estado vegetativo del cultivo.

El presente trabajo tiene por objeto la determinación del número de calorías recibido como radiación solar directa por cada uno de los tipos de invernaderos más comunes, según su orientación y la época del año, con el propósito de determinar pautas para la elección del que mejor se adapte, en Mendoza, a los requerimientos del vegetal cultivado.

MATERIAL Y DATOS

A.- Los tipos de invernaderos elegidos fueron los modelos dados / por Preston (7): span, lean-to y three-quarter span. Los tres son rectangulares, con paredes verticales. El primero tiene techo a dos aguas, con dos superficies iguales; el / plano vertical que contiene a su eje longitudinal es plano de simetría. Paredes y techo son de vidrio. Es muy usado donde / hay escaso lugar disponible y luz. El techo permite obtener / beneficios de sol antes y después de mediodía. El modelo lean-to resulta de seccionar el tipo anterior por / el plano vertical citado. Una de las partes obtenidas, con una pared opaca de cierre en el plano de corte constituye este modelo, que se utiliza para cultivos que necesitan bastante / sol en maduración, para hulechos y plantas exóticas. El three-quarter span, como el nombre lo indica, resulta de / seccionar el primer modelo, utilizando tres cuartas partes. / Aquí también la necesaria pared de cierre es opaca. Esquemas y medidas de los tres tipos de invernaderos se incluyen en las figuras 1, 2 y 3.

B.- Los datos de radiación solar directa instantánea recibida en Mendoza en días claros fueron tomados de los promedios de /// tres años de los registros del Servicio Meteorológico Nacional. Los valores diarios para el día 15 de cada mes del año, para las orientaciones y pendientes necesarias fueron tomados de un trabajo anterior de uno de los autores y aparecen en la tabla 1 (5).

METODO

Fueron elegidas las siguientes orientaciones:

Para el modelo Span:

N-S: su eje longitudinal coincide con el meridiano.

E-W: su eje longitudinal coincide con el paralelo.

Para los otros modelos:

N: La superficie (mayor o única) de techo, mira hacia el norte.

S: La superficie (mayor o única) de techo, mira hacia el sud.

E: La superficie (mayor o única) de techo, mira hacia el este.

W: La superficie (mayor o única) de techo, mira hacia el oeste.

Para cada modelo y orientación se calculó la radiación solar directa que incide en cada cara del vidrio el día 15 de cada mes, supuesto sin nubes. La radiación solar directa total que llega al invernadero se obtuvo por suma de la obtenida para cada cara. Los valores resultantes se incluyen en las tablas 2, 3 y 4, y fueron graficadas en las figuras 4, 5 y 6. Los valores de la radiación / recibida se expresan en millones de calorías por día.

CONCLUSIONES

El modelo span, como muestra la figura 4, recibe mucho más / energía solar en verano que en invierno, cualquiera sea su orientación. Ello no representa especiales ventajas para Mendoza. De / las dos orientaciones elegidas, la este-oeste aparece como más // conveniente, puesto que el invernadero así ubicado recibe más calor en invierno y menos en verano que otro con su eje norte-sur. Sin embargo, las diferencias son pequeñas; sólo se hacen más notables si la relación largo-ancho disminuye.

Para los otros dos modelos, la recepción de energía es mayor cuando el techo se orienta hacia el norte, como era de prever, para cualquier época del año. Ello puede ser muy ventajoso en los / meses fríos, pero no en el verano. La orientación inversa aparece como la menos conveniente, mientras que en casos de eje coincidente con el meridiano (este u oeste) hay mayor homogeneidad en la / recepción de energía a lo largo del año. Estas últimas curvas, // que corresponden a orientaciones geográficas y astronómicas simétricas, muestran pequeñas diferencias debidas a la mayor turbiedad atmosférica en horas de la tarde.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- FAHSTOCK, C. R.; "Greenhouses for you". Agricultural Engineer, Alaska Agricultural Experiment Station, Palmer, Alaska. Bul. 801, February, 1955.
- 2.- FERNANDEZ CUEVAS, Antonio; "Invernaderos económicos para hortalizas". Bol. N° 9 - 6 H. H. Ministerio de Agricultura de España, 1967.
- 3.- HUDSON, J. P.; "Control de medio ambiente de la planta". Editorial Omega, 1967.
- 4.- LEWIS, C. C.; "The Greenhouses". Advisory Officer for Rural Subjects. Worcestershire County Council Education Committee, 1960.
- 5.- MARONE, Víctor; "Radiación solar directa en superficies inclinadas en Mendoza". Primer Congreso Latinoamericano / de Energía Solar. Buenos Aires 1975.
- 6.- P. N. W. "Small greenhouses for amateur gardeners". Bul. N° 32. April 1959.
- 7.- PRESTON, F. G. "The greenhouse". Ward, Lock and Co. Limited, 1960.
- 8.- SANZ RODRIGUEZ, Matías. "Manejo y control del medio ambiente de los invernaderos", Ministerio de Agricultura de España. Hojas divulgadoras N° 17 - 18 - 72 H, 1972.
- 9.- TOOVEY, F. W. "Invernaderos comerciales". Glasshouse Crops Research Institute, Inglaterra. Editorial Acribia, 1967.

TABLA I

DATOS DE RADIANCION

AZIMUT Z	0°		90°		180°		270°			
	32°	35°	32°	35°	32°	35°	32°	35°		
ENERO	553	533	596	583	593	576	88	596	583	277
FEBRERO	431	407	538	527	597	587	172	539	528	262
MARZO	278	251	0	452	580	578	286	455	447	234
ABRIL	118	91	0	337	527	534	389	349	344	192
MAYO	30	13	0	263	474	485	431	269	265	156
JUNIO	2	0	0	205	411	422	409	214	212	128
JULIO	15	7	0	227	438	450	422	237	234	138
AGOSTO	70	45	0	302	504	513	418	310	306	179
SEPTIEMBRE	193	165	0	393	557	559	344	403	396	213
OCTUBRE	359	334	5	492	586	580	219	504	495	255
NOVIEMBRE	509	488	41	570	584	570	110	573	562	274
DICIEMBRE	594	575	74	609	587	568	64	616	603	286

Radiación solar directa en días claros (en cal/cm²día) para una superficie orientada hacia en S (azimut 0°); W (azimut 90°); N (azimut 180°) y E (azimut 270°); inclinada 32°, 35° y vertical (z = 90°) para el día 15 de cada mes del año.

TABLA 2

CALC. RECIBIDO

Span	A = 0° Z = 90°		A = 90° Z = 90°		A = 90° Z = 35°		A = 180° Z = 90°		A = 270° Z = 90°		A = 270° Z = 35°		TOTAL
	V. Sur		V. Oeste		I. Oeste		V. Norte		V. Este		I. Este		
N - S													
ENERO	2,31		15,30		65,59		3,84		15,35		65,59		167,98
FEBRERO	0,65		14,41		59,29		7,50		14,52		59,40		155,77
MARZO	0,00		12,69		49,95		12,48		12,97		50,29		138,38
ABRIL	0,00		9,81		37,24		16,97		10,64		38,70		113,36
MAYO	0,00		8,26		29,13		18,80		8,64		29,81		94,64
JUNIO	0,00		6,48		22,83		17,84		7,09		23,85		79,08
JULIO	0,00		6,98		25,10		18,41		7,65		26,32		84,46
AGOSTO	0,00		9,25		33,41		18,24		9,92		34,43		105,25
SEPTIEMBRE	0,00		11,13		43,31		15,01		11,80		44,55		125,80
OCTUBRE	0,22		13,24		54,23		9,55		14,13		55,69		147,06
NOVIEMBRE	1,79		15,20		62,78		4,80		15,18		63,27		163,02
DICIEMBRE	3,23		15,30		66,94		2,79		15,85		67,84		171,95

TABLA 2

CALOR RECIBIDO

Span	A = 0° Z = 90°		A = 0° Z = 35°		A = 90° Z = 90°		A = 180° Z = 90°		A = 180° Z = 35°		A = 270° Z = 90°		TOTAL
	V. Sur		I. Sur		V. Oeste		V. Norte		I. Norte		V. Este		
ENERO	2,93		59,96		12,04		4,87		64,80		12,08		156,68
FEBRERO	0,83		45,78		11,34		9,53		66,03		11,43		144,94
MARZO	0,00		28,23		9,99		15,84		65,02		10,20		129,28
ABRIL	0,00		10,23		7,72		21,55		60,07		8,37		97,94
MAYO	0,00		1,46		6,50		23,88		54,56		6,80		93,20
JUNIO	0,00		0,00		5,10		22,66		47,47		5,58		80,81
JULIO	0,00		0,11		5,49		23,38		50,62		6,02		85,62
AGOSTO	0,00		5,06		7,28		23,16		57,71		7,81		101,02
SEPTIEMBRE	0,00		18,56		8,77		19,02		62,88		9,29		118,56
OCTUBRE	0,27		37,57		10,42		12,13		65,25		11,12		136,76
NOVIEMBRE	2,72		54,90		11,82		6,09		64,12		11,95		151,60
DICIEMBRE	4,10		64,68		12,04		3,54		63,90		12,47		160,73

TABLA 3

CALOR RECIBIDO

Lean-to	A = 90° Z = 90° Vert. Norte	A = 180° Z = 90° Vert. Norte	A = 180° Z = 32° Inc. Norte	A = 270° Z = 90° Vert. Este	TOTAL
NORTE					
ENERO	37,07	2,44	132,03	37,30	208,74
FEBRERO	34,92	4,77	132,92	35,19	208,80
MARZO	30,76	7,93	129,13	31,43	199,25
ABRIL	23,77	10,79	117,33	25,79	171,72
MAYO	20,01	11,95	105,53	20,95	158,44
JUNIO	15,71	11,34	91,50	17,19	135,74
JULIO	16,92	11,70	97,52	18,53	144,67
AGOSTO	22,43	11,59	112,21	24,04	170,27
SEPTIEMBRE	27,00	9,54	124,01	28,61	189,56
OCTUBRE	32,10	6,07	130,47	34,25	196,89
NOVIEMBRE	36,40	3,05	130,02	36,80	206,27
DICIEMBRE	37,07	1,77	130,69	38,41	207,94

TABLA 3

CALOR RECIBIDO

Lean-to	A = 0° Z = 90° Vert. Sur	A = 0° A = 32° Inc. SUR	A = 90° Z = 90° Vert. Oeste	A = 270° Z = 90° Vert. Este	TOTAL
SUD					
ENERO	1,47	123,12	37,07	37,20	198,86
FEBRERO	0,41	95,96	34,92	35,19	165,48
MARZO	0,00	61,89	30,76	31,43	124,08
ABRIL	0,00	26,27	23,77	25,79	75,83
MAYO	0,00	6,67	20,01	20,95	47,63
JUNIO	0,00	0,44	15,71	17,19	33,34
JULIO	0,00	3,33	16,92	18,53	38,78
AGOSTO	0,00	5,58	22,43	24,04	52,05
SEPTIEMBRE	0,00	42,97	27,00	28,61	98,58
OCTUBRE	0,14	79,93	32,10	34,25	146,42
NOVIEMBRE	1,13	113,32	36,40	36,80	187,65
DICIEMBRE	2,05	132,25	37,07	38,41	209,78

TABLA 3

CALOR RECIBIDO

Lean-to ESTE	A = 0° Z = 90° Vert. Sur	A = 180° Z = 90° Vert. Norte	A = 270° Z = 90° Vert. Este	A = 270° Z = 32° Inc. Este	TOTAL
ENERO	7,20	11,82	7,68	132,70	159,40
FEBRERO	2,01	23,10	7,26	120,00	152,37
MARZO	0,00	38,41	6,49	101,30	146,20
ABRIL	0,00	52,25	5,32	77,70	135,27
MAYO	0,00	57,89	4,32	59,89	122,10
JUNIO	0,00	54,94	3,55	47,64	106,13
JULIO	0,00	56,68	3,82	52,76	113,26
AGOSTO	0,00	56,14	4,96	69,02	130,12
SEPTIEMBRE	0,00	46,20	5,90	89,72	141,82
OCTUBRE	0,67	29,41	7,07	112,21	149,36
NOVIEMBRE	5,50	14,77	7,60	127,57	155,44
DICIEMBRE	9,94	8,59	7,93	137,15	163,61

TABLA 3

CALOR RECIBIDO

Lean-to OESTE	A = 0° Z = 90° Vert. Sur	A = 90° Z = 90° Vert. Oeste	A = 90° Z = 32° Inc. Oeste	A = 180° Z = 90° Vert. Norte	TOTAL
ENERO	7,11	7,65	132,69	11,82	159,27
FEBRERO	2,01	7,21	119,78	23,10	152,10
MARZO	0,00	6,35	100,63	38,41	145,39
ABRIL	0,00	4,90	75,03	52,25	132,18
MAYO	0,00	4,13	58,55	57,89	120,57
JUNIO	0,00	3,24	45,86	54,94	104,04
JULIO	0,00	3,49	50,54	56,68	110,61
AGOSTO	0,00	4,63	67,24	56,14	128,01
SEPTIEMBRE	0,00	5,57	87,50	46,20	140,27
OCTUBRE	0,67	6,62	109,54	29,41	146,24
NOVIEMBRE	5,50	7,51	126,91	14,77	154,69
DICIEMBRE	9,94	7,65	135,59	8,59	161,77

TABLA 4

CALO RECIBIDO

Three - quarter span NORTE	A = 0° Z = 35° Inc. Sur		A = 90° Z = 90° Vert. Oeste		A = 180° Z = 90° Vert. Norte		A = 180° Z = 35° Inc. Norte		A = 270° Z = 90° Vert. Este		TOTAL
ENERO	39,23		25,48	4,08	84,84	25,57	179,26				
FEBRERO	29,95		24,00	7,97	86,45	24,19	172,56				
MARZO	18,47		21,14	13,26	85,14	21,60	159,61				
ABRIL	6,70		13,34	18,03	84,55	17,73	142,35				
MAYO	0,96		13,76	19,98	71,44	14,40	120,54				
JUNIO	0,00		10,80	16,96	62,16	11,82	103,74				
JULIO	0,07		11,63	19,56	66,28	12,74	110,28				
AGOSTO	3,31		15,42	19,37	75,56	16,53	130,19				
SEPTIEMBRE	12,14		18,56	15,94	82,34	19,67	148,65				
OCTUBRE	24,58		22,07	10,15	85,43	23,54	165,77				
NOVIEMBRE	35,92		25,02	5,10	83,96	25,30	175,30				
DICIEMBRE	42,32		25,48	2,97	83,67	26,41	180,85				

TABLA 4

CALOR RECIBIDO

Three - quarter span SUD	A = 0° Z = 90° Vert. Sur		A = 0° Z = 35° Inc. Sur		A = 90° Z = 90° Vert. Oeste		A = 180° Z = 35° Inc. Norte		A = 270° Z = 90° Vert. Este		TOTAL
ENERO	2,46		78,51	25,48	42,39	25,57	174,41				
FEBRERO	0,69		59,95	24,00	43,20	24,19	152,03				
MARZO	0,00		36,97	21,14	42,54	21,60	122,25				
ABRIL	0,00		13,40	16,34	39,30	17,73	86,77				
MAYO	0,00		19,14	13,76	35,70	14,40	83,00				
JUNIO	0,00		0,00	10,80	31,06	11,82	53,68				
JULIO	0,00		0,15	11,63	33,12	12,74	57,64				
AGOSTO	0,00		6,63	11,63	37,77	16,53	72,56				
SEPTIEMBRE	0,00		24,30	18,56	41,14	16,67	100,67				
OCTUBRE	0,23		49,20	22,07	42,69	23,53	137,72				
NOVIEMBRE	1,90		71,88	25,02	41,95	25,30	166,05				
DICIEMBRE	3,43		84,70	25,48	41,80	26,41	181,82				

TABLA 4

CALOR RECIBIDO

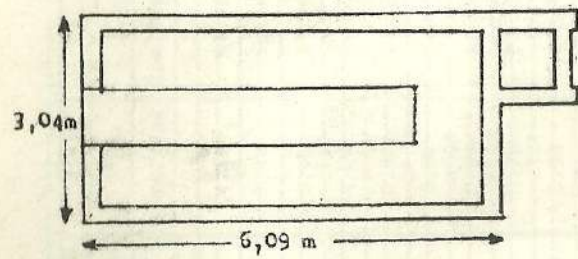
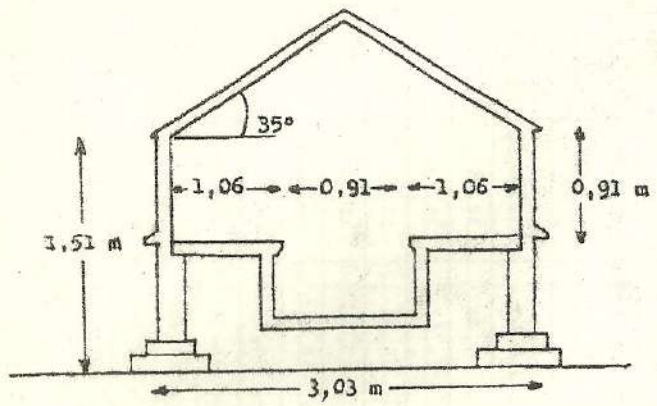
Three - quarter span ESTE	A = 0° Z = 90° Vert. Sur	A = 90° Z = 35° Inc.Oeste	A = 180° Z = 90° Vert.Norte	A = 270° Z = 90° Vert.Este	A = 270° Z = 35° Inc. Este	TOTAL
ENERO	4,89	42,91	8,12	12,84	85,87	154,63
FEBRERO	1,38	38,79	15,88	12,14	77,77	145,96
MARZO	0,00	32,68	26,41	10,84	65,84	135,77
ABRIL	0,00	24,36	35,92	8,90	50,67	119,85
MAYO	0,00	19,06	39,79	7,23	39,03	105,11
JUNIO	0,00	14,94	37,76	5,93	31,23	89,86
JULIO	0,00	16,41	38,96	6,40	34,47	96,24
AGOSTO	0,00	21,86	38,59	8,30	45,07	113,82
SETIEMBRE	0,00	28,34	31,76	9,87	58,53	128,30
OCTUBRE	0,46	35,47	20,22	11,82	72,91	140,88
NOVIEMBRE	3,78	41,07	10,15	12,70	82,78	150,48
DICIEMBRE	6,83	43,79	5,91	13,25	88,82	158,60

TABLA 4

CALOR RECIBIDO

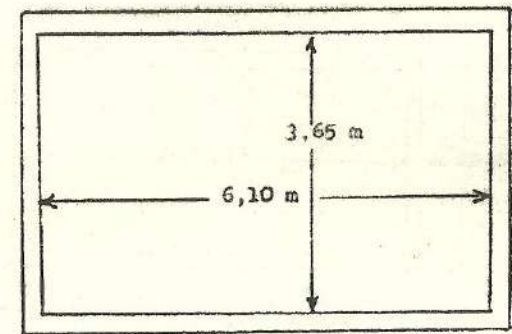
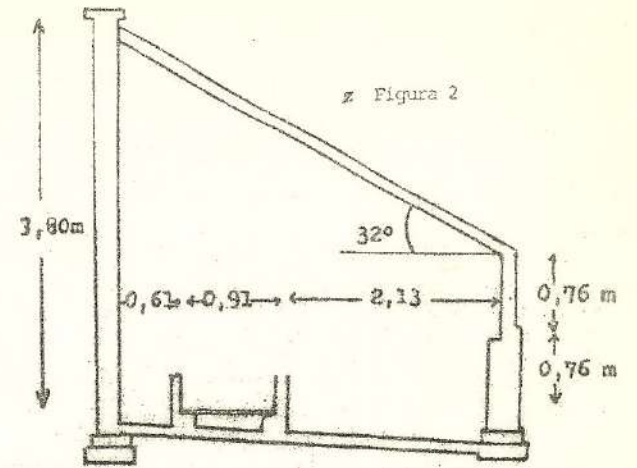
Three - quarter span OESTE	A = 0° Z = 90° Vert. Sur	A = 90° Z = 90° Vert.Oeste	A = 90° Z = 35° Inc.Oeste	A = 180° Z = 90° Vert.Norte	A = 270° Z = 90° Inc. Este	TOTAL
ENERO	4,89	12,79	85,87	8,12	42,91	154,58
FEBRERO	1,38	12,05	77,63	15,88	38,86	145,80
MARZO	0,00	10,61	65,40	26,40	32,90	135,31
ABRIL	0,00	8,20	48,76	35,92	25,32	118,20
MAYO	0,00	6,91	38,15	39,79	19,50	104,35
JUNIO	0,00	5,42	29,90	37,76	15,60	88,68
JULIO	0,00	5,84	32,85	38,96	17,22	94,87
AGOSTO	0,00	7,74	43,75	38,59	22,52	112,60
SETIEMBRE	0,00	9,32	56,71	31,76	29,14	126,93
OCTUBRE	0,46	11,08	70,10	20,22	36,43	138,29
NOVIEMBRE	3,78	12,56	82,19	10,16	41,36	150,05
DICIEMBRE	6,83	12,79	87,64	5,91	44,38	157,55

Figura 1

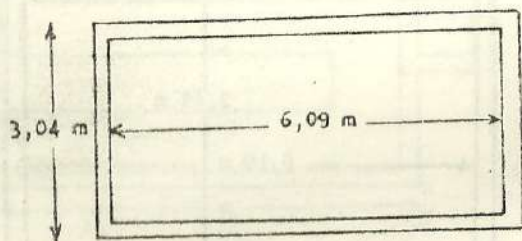
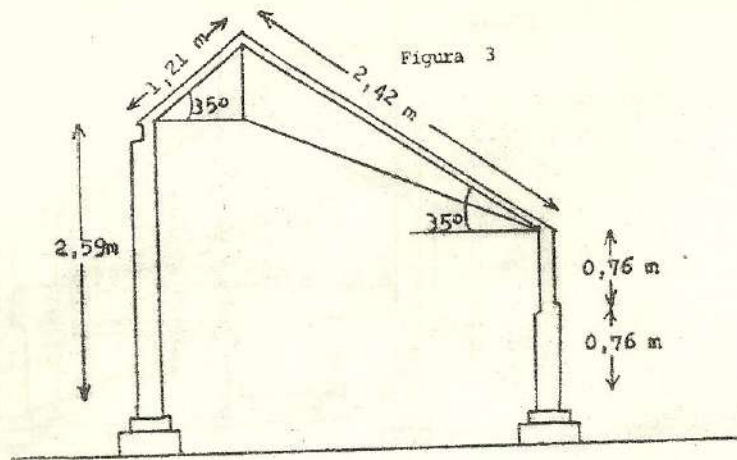


MODELO STAN. Corte y Planta

z Figura 2



MODELO LEAN - TO. Corte y Planta



MODELO THREE - QUARTER SPAN . Corte y planta

millones de cal/día

