



**SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
INTERCONECTADOS A LA RED I:
NIVEL RESIDENCIAL Y COMERCIAL**

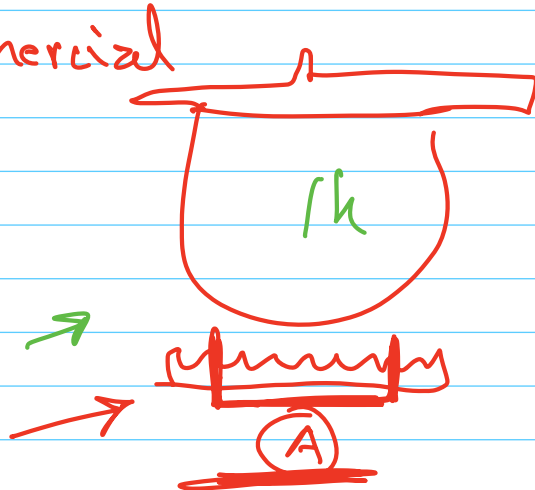
*19 de Diciembre de
2023*

**NOTAS
DEL CURSO**

Potencia

Instantáneo

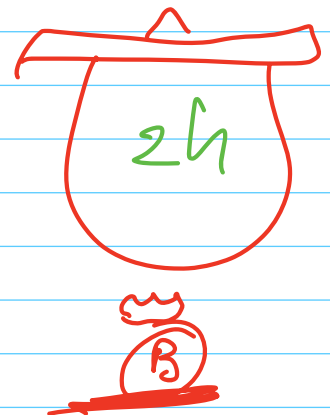
W
Comercial



Energía

A través del tiempo

Wh
Producción



Constitución de los EUM

Leyes Principales

→ Ley de la industria Eléctrica

Energía
Limpia

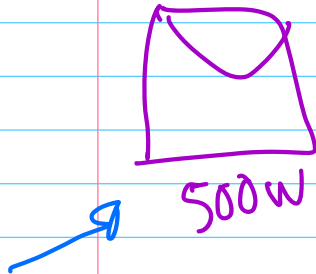
CPE

CENACE

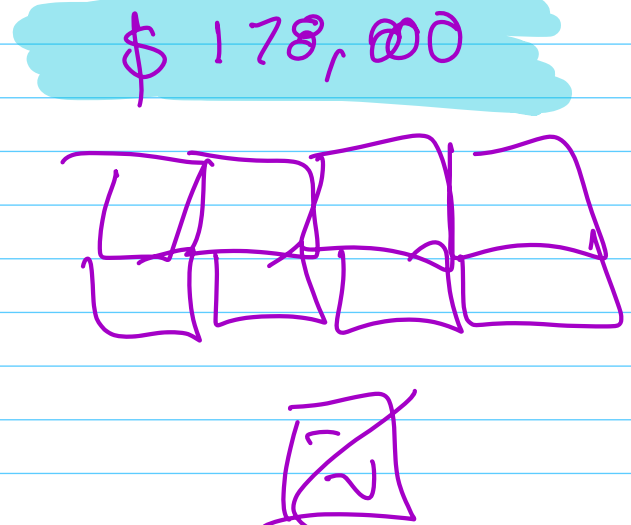
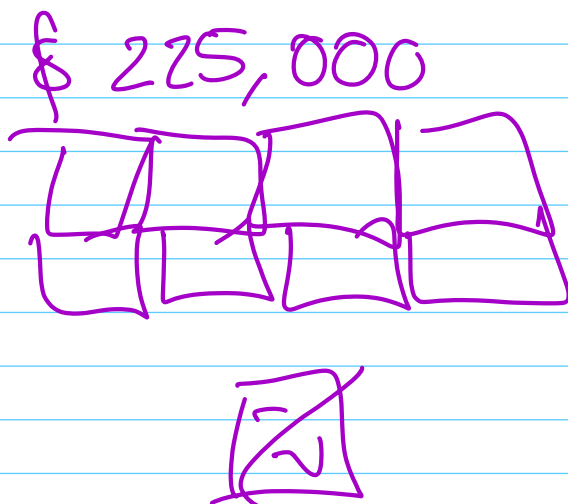
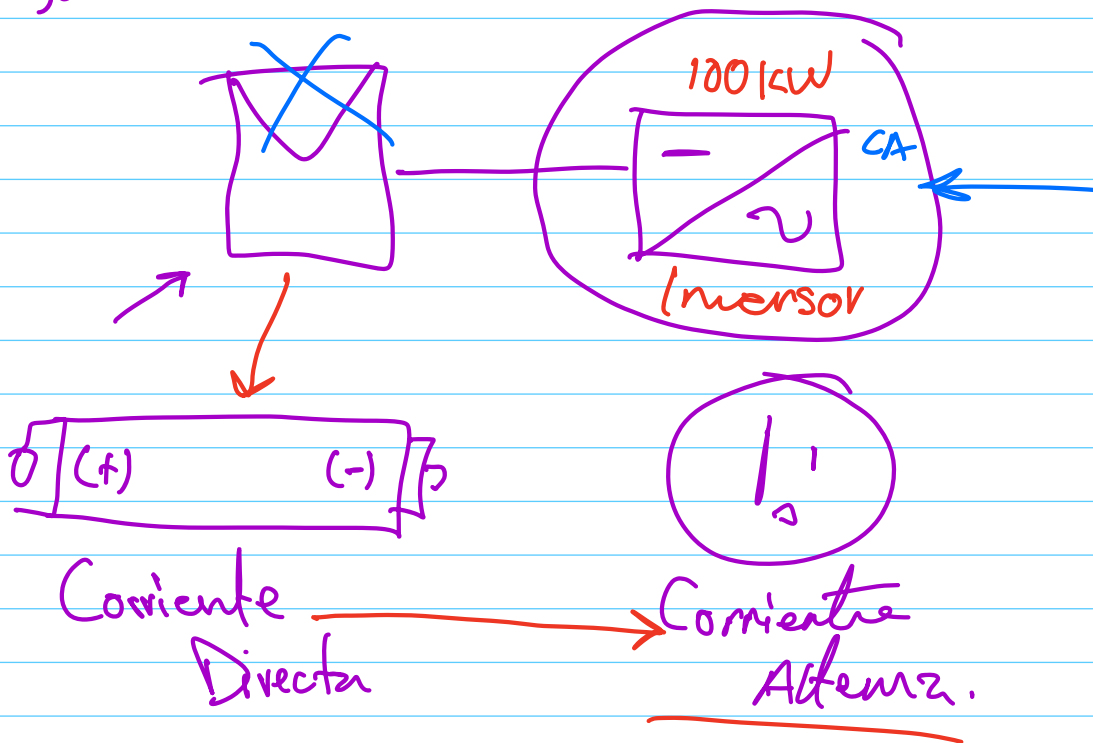
USB

GD) < 0.5 MW

$$\frac{500 \text{ kW}}{500,000 \text{ W}}$$



$$\frac{500,000 \text{ W}_p}{500 \text{ W}_p} = 1,000 \text{ módulos.}$$



Certificación de equipos.

Inversor $\rightarrow$ UL 1741

10kW Inversor c/ UL 1741 = 2,180 USD

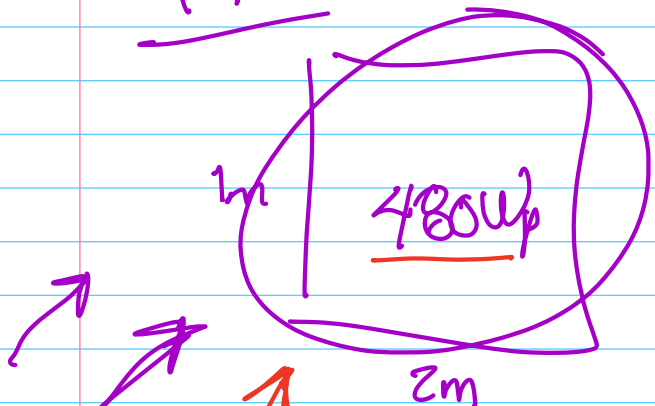
10kW " sin certificación = 1750 USD

Eléctrico	Solar
Potencia	Irradiancia $\leftarrow$
Energía	Insolación $\leftarrow$

$\rightarrow 1000 \text{ W/m}^2 \rightarrow 500 \text{ W/m}^2$

$$\boxed{900 \text{ W/m}^2} \times 1 \text{ h} = \boxed{900 \text{ Wh/m}^2}$$

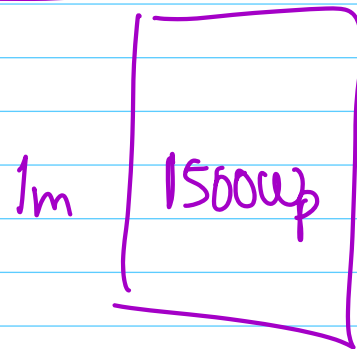
Alfonso



\$ 2000

$$G = 1000 \text{ W/m}^2$$

Julio



\$ 2200

$$G = 3500 \text{ W/m}^2$$

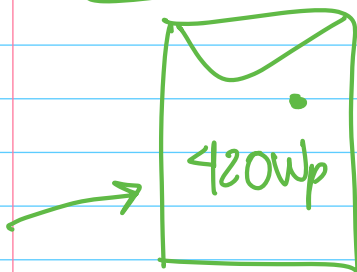
$$\rightarrow 600 \text{ Wp}$$

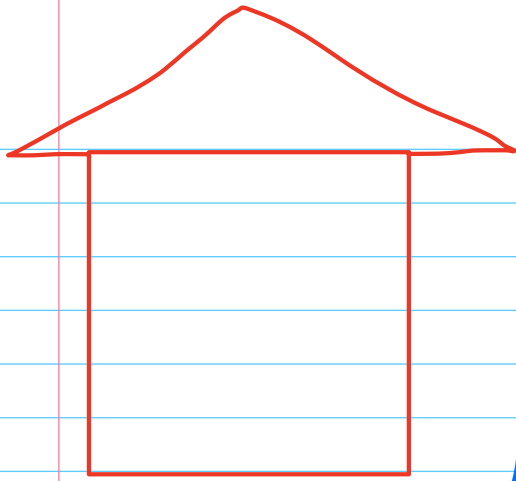
$$\begin{aligned} 1000 \text{ W/m}^2 \\ 600 \text{ W/m}^2 \\ 800 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Todos los MfU se prueban en lab. bajo 3 condiciones

- 1.- $G = 1000 \text{ W/m}^2$
- 2.- $MA = 1.5$
- 3.- $T_{\text{celda}} = 25^\circ\text{C}$

STC
Standard Test
Conditions.





Pachuca - 8 MFV de 490Wp
Sonora - 7 MFV de 490Wp

HSP

NASA

NREL

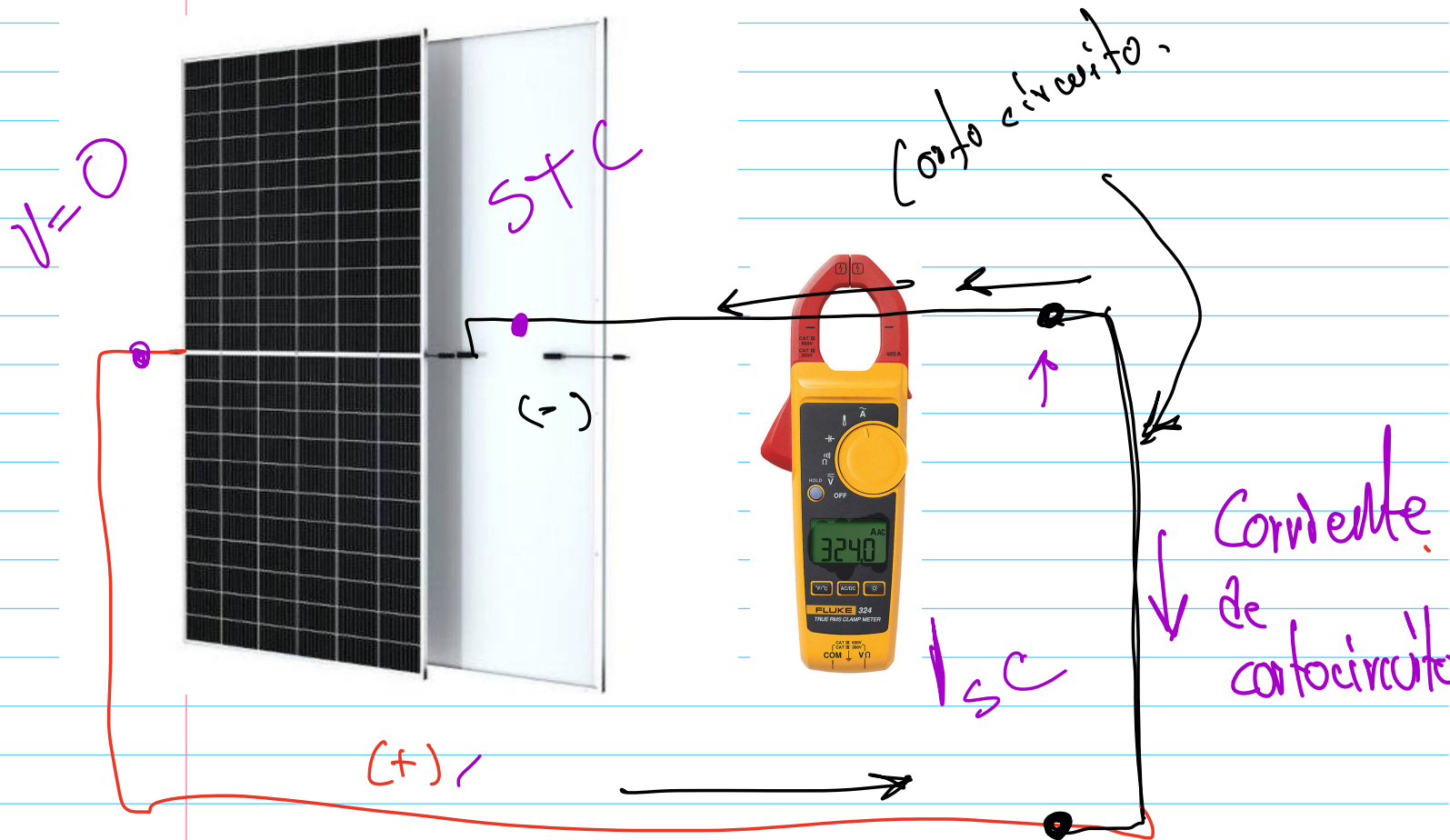
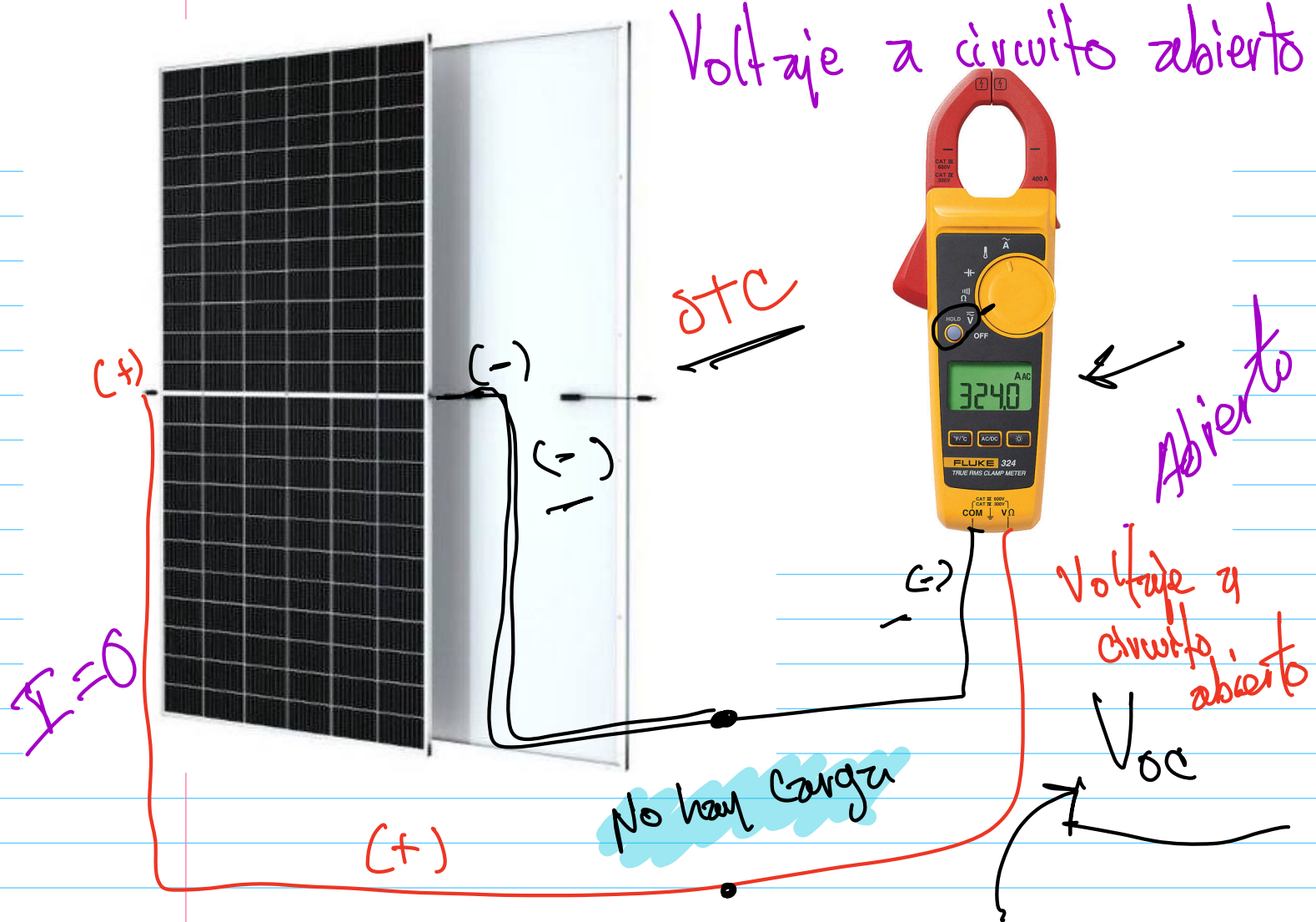
Global Renewables Atlas

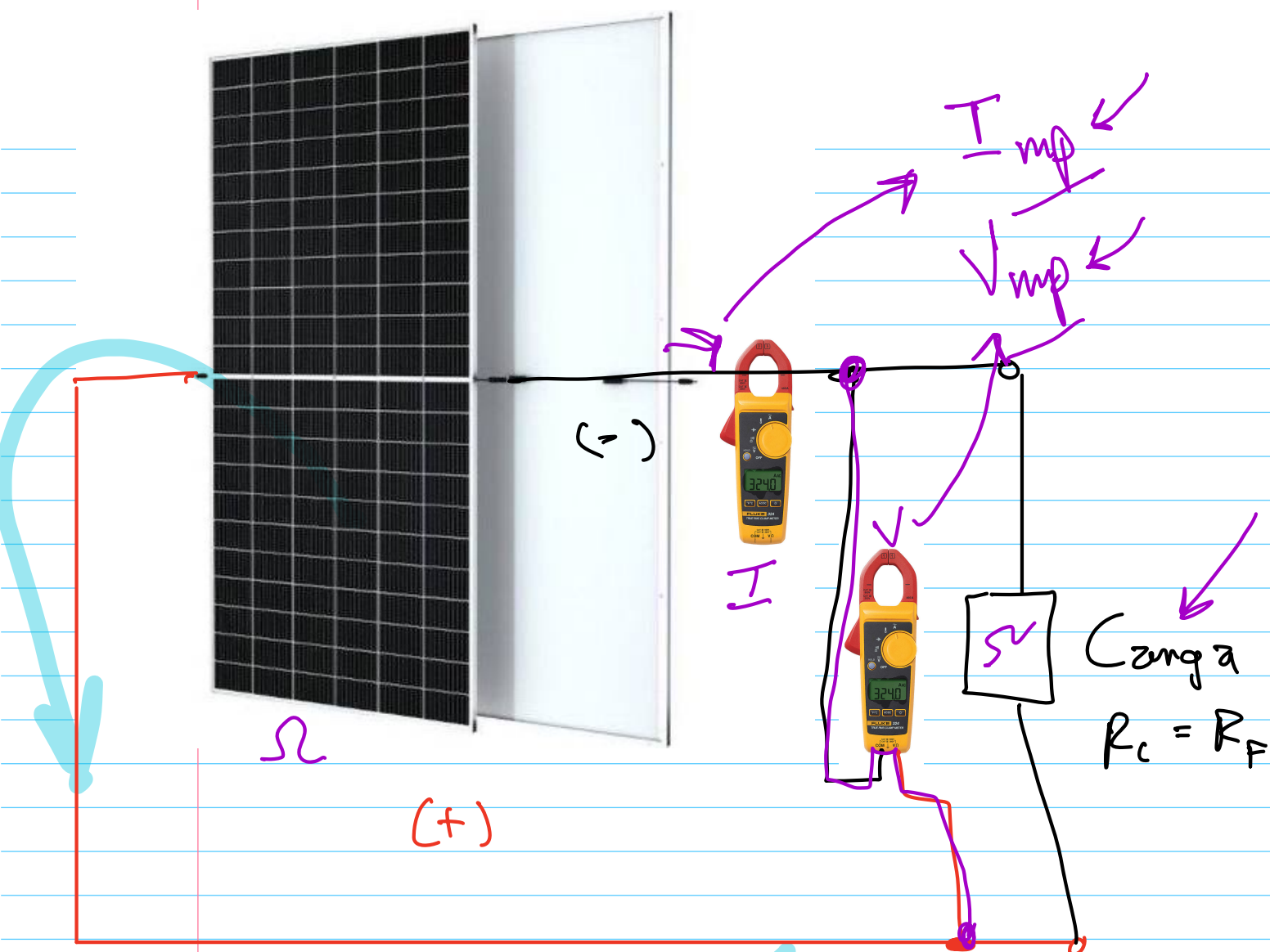
Monclova - 5.91 hsp.
Cd. Juarez - 6.44 hsp.

NOM 001 SEDE 2012

NATIONAL ELECTRICAL CODE 3 años
(NEC)

Proyecto NOM 001 SEDE 2018

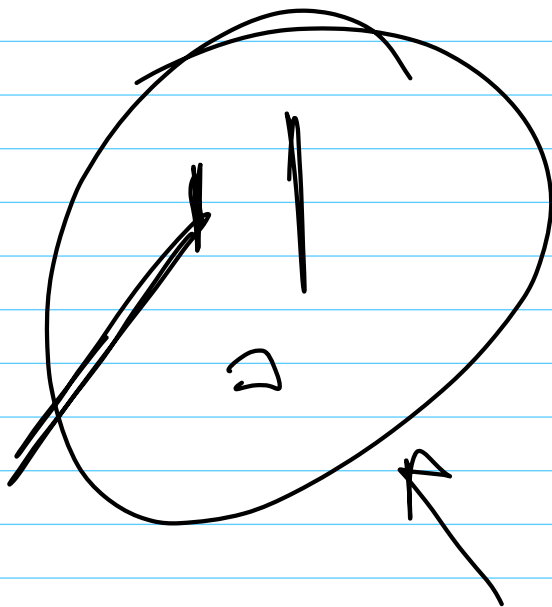




$$I_{mp} \times V_{mp} = P_{max}$$

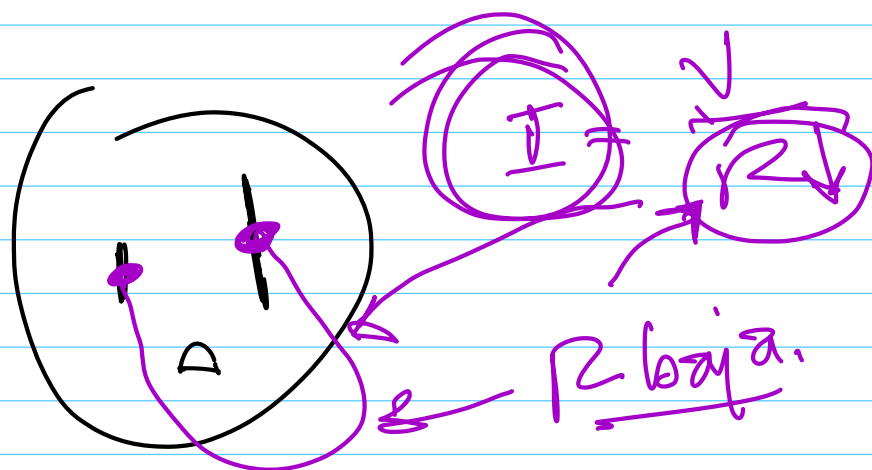
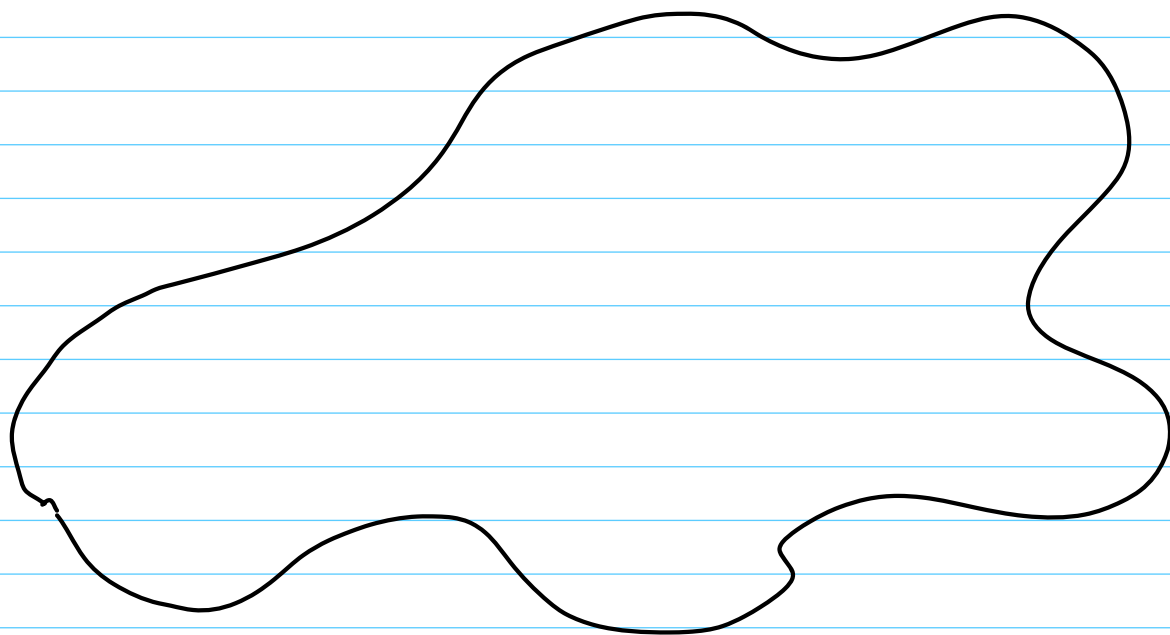
Voltage es constante y no depende del tamaño

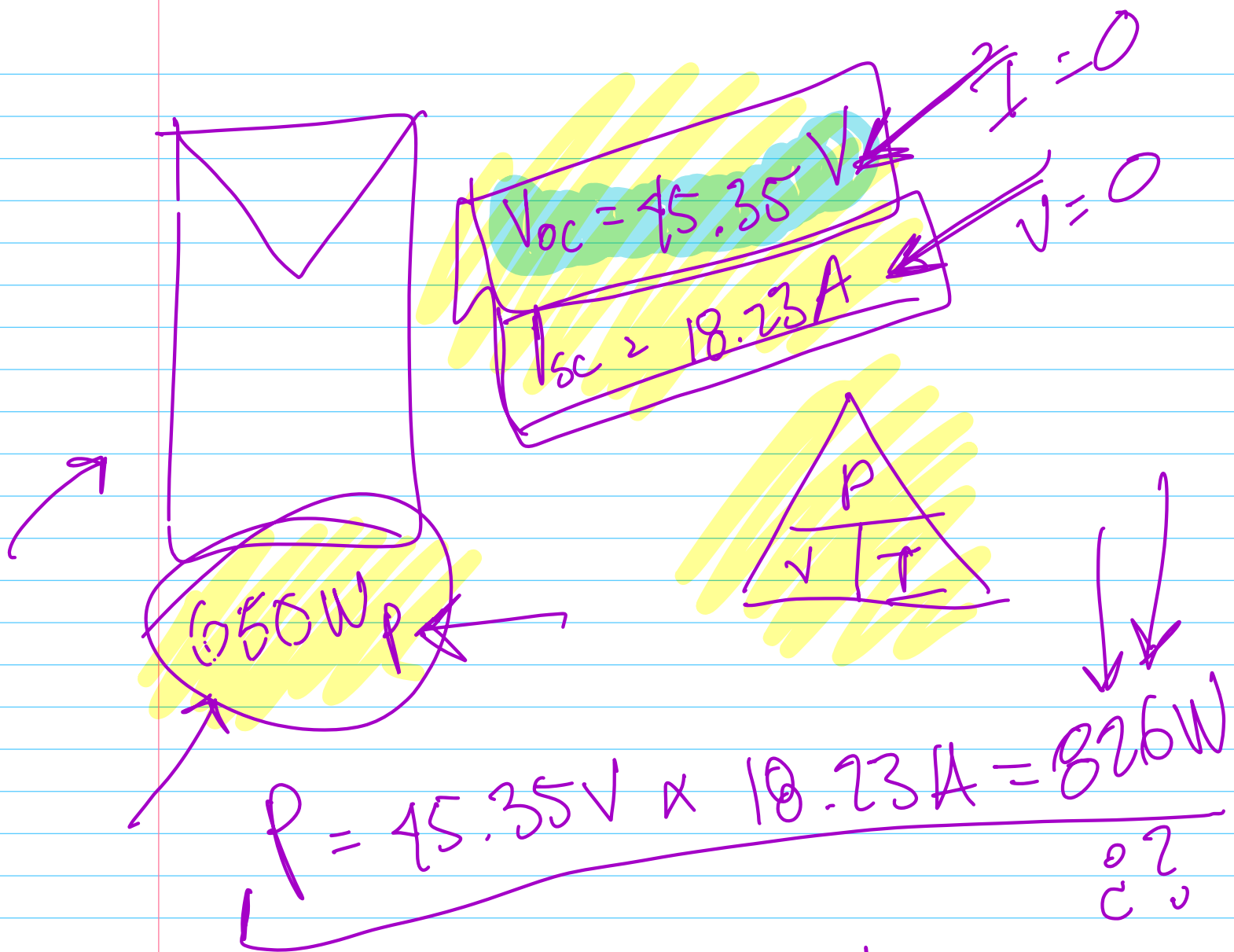
Corriente es dependiente del tamaño y no es constante.



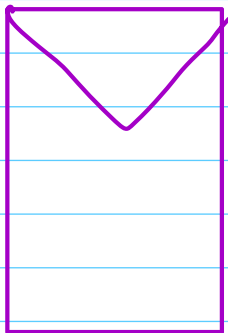
~~Circulo alejado.~~

Circulo centrado.

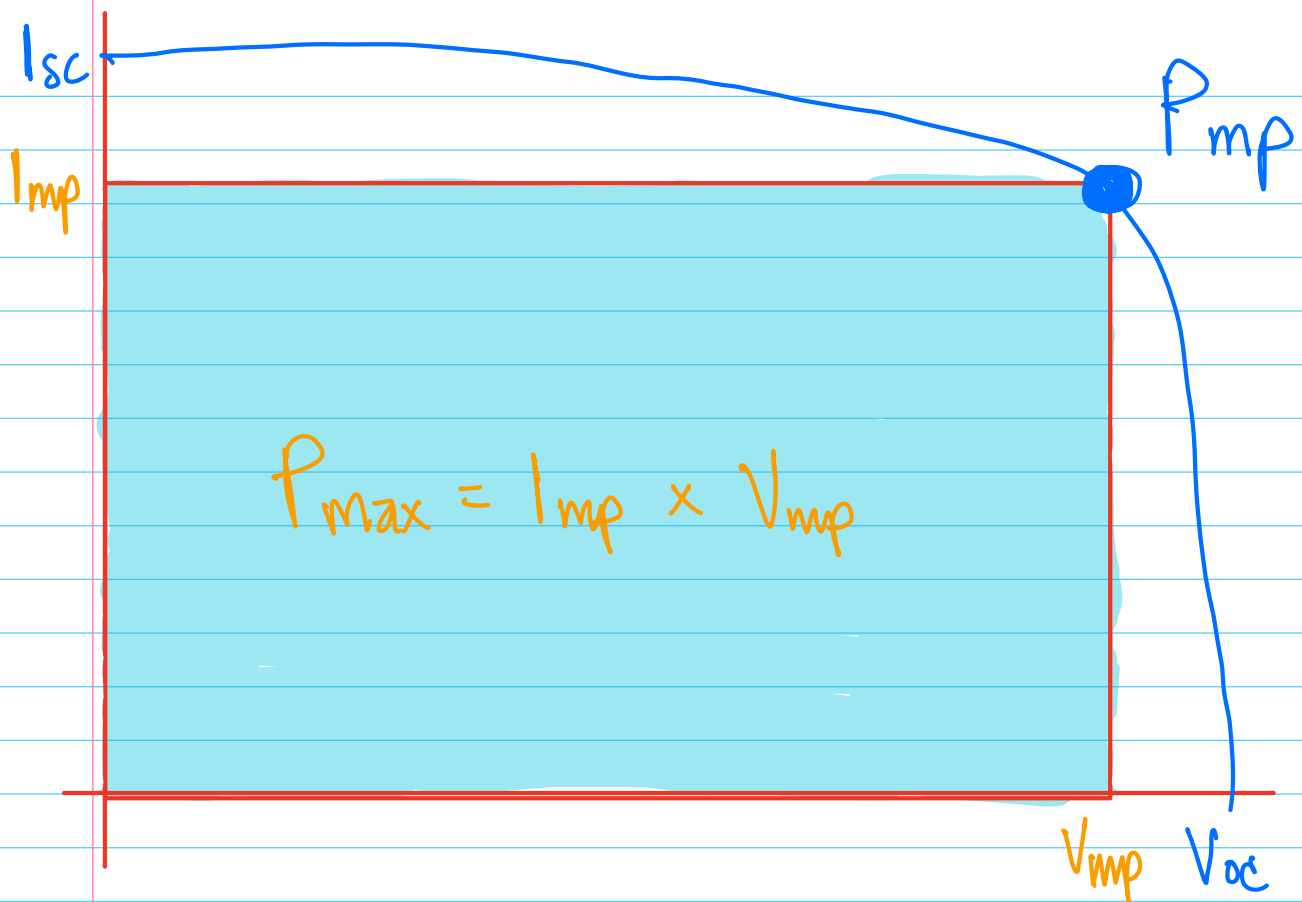




5 parámetros

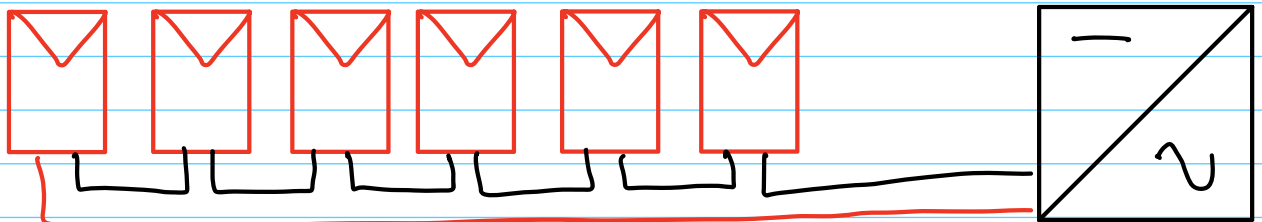


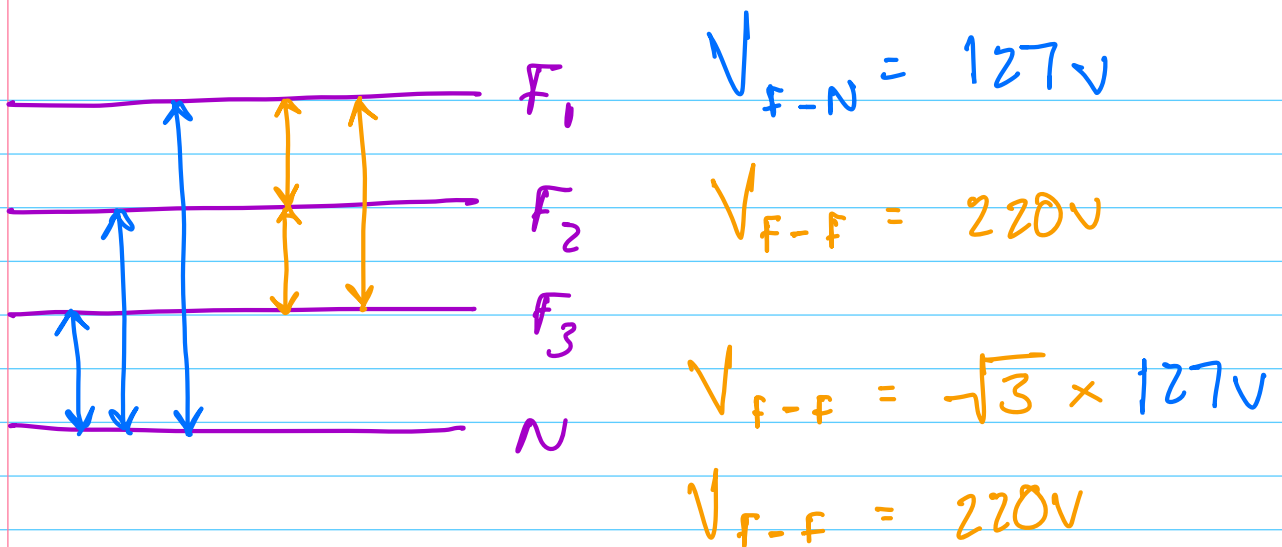
- 1.- P_{max}
- 2.- I_{sc} ; $V=0$
- 3.- V_{oc} ; $I=0$
- 4.- I_{mp}
- 5.- V_{mp}



Marcas de inversores centrales.

- | | |
|--------------|-----------|
| - Fronius | - Growatt |
| - SMA | - Huawei |
| - Solar Edge | - Goodwee |
| | - Solis. |

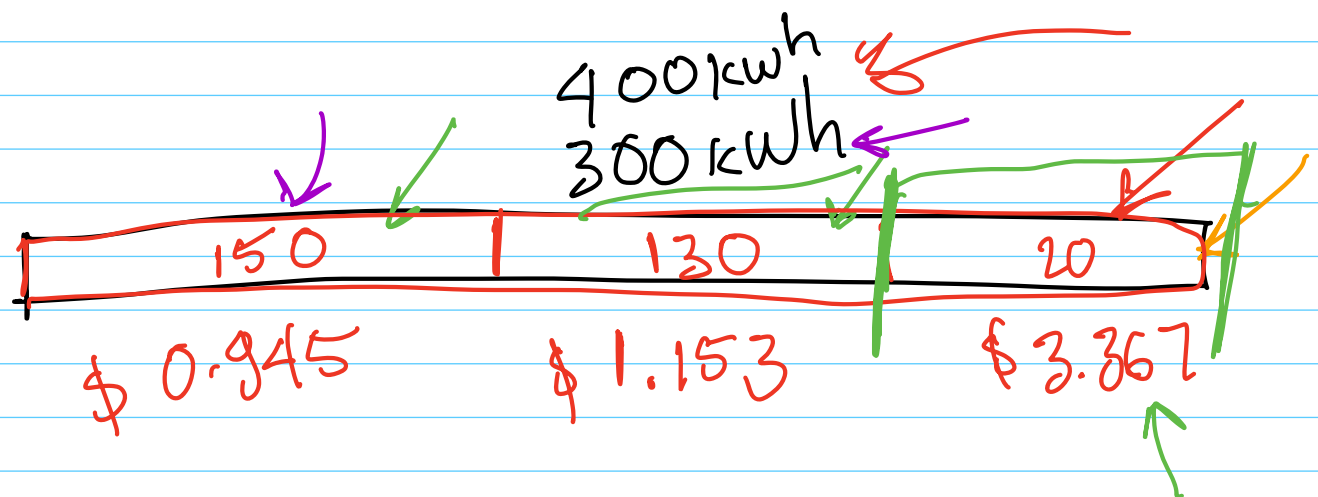




- Res 142 CRE 2017 (DACG's)
- Manual de interconexión para centrales $< 0.5 MW$
- NOM-001-SEDE

TARIFAS (RESIDENCIALES Y COMERCIALES)

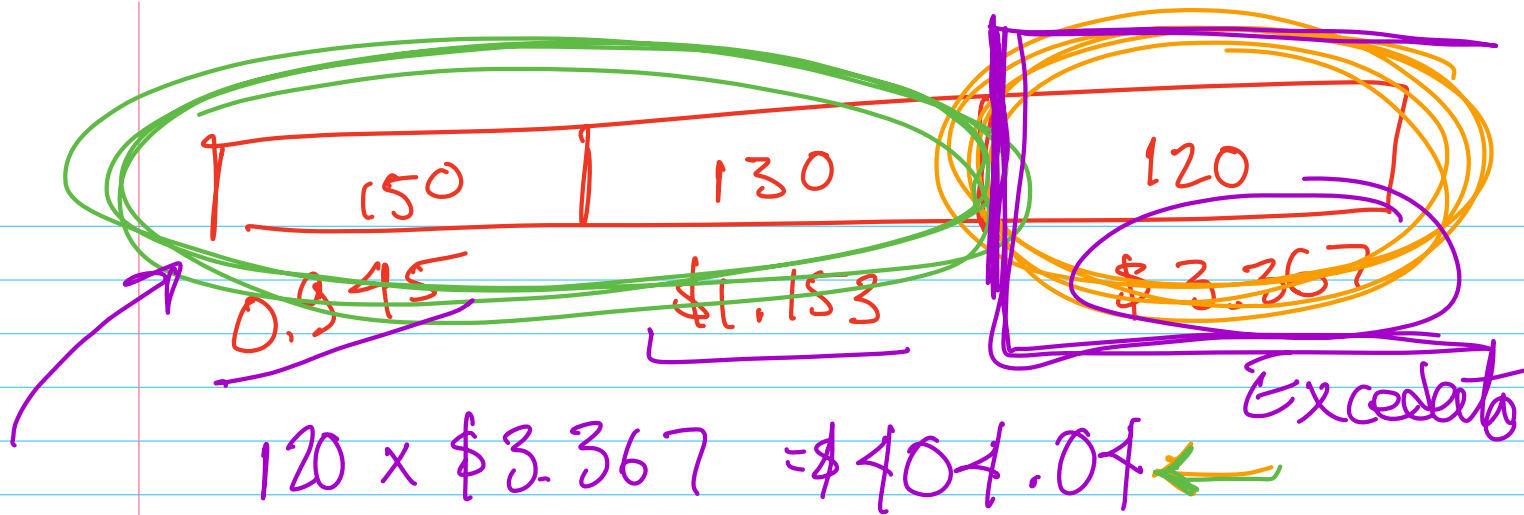
Residenciales	1	← Genérica
	1A	Diferentes escalones en verano
	1B	
	1C	
	1D	
	1E	
	1F	
	DAC	(Doméstica de alto consumo)
Comerciales	PDBT	Pequeña demanda baja tensión
	GDBT	Gran demanda baja tensión



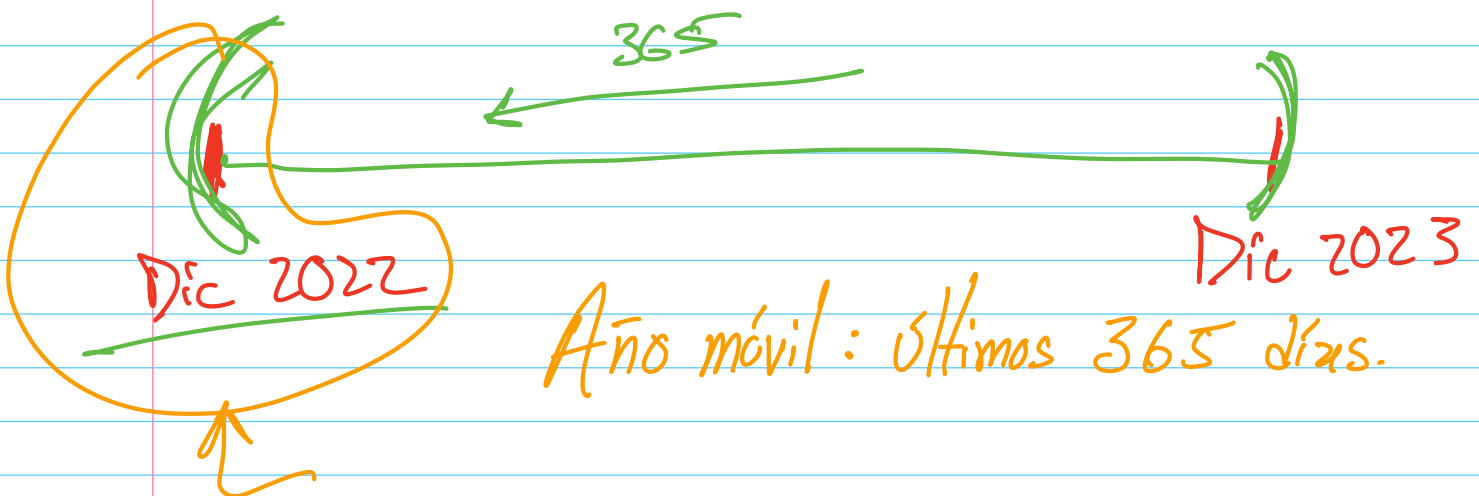
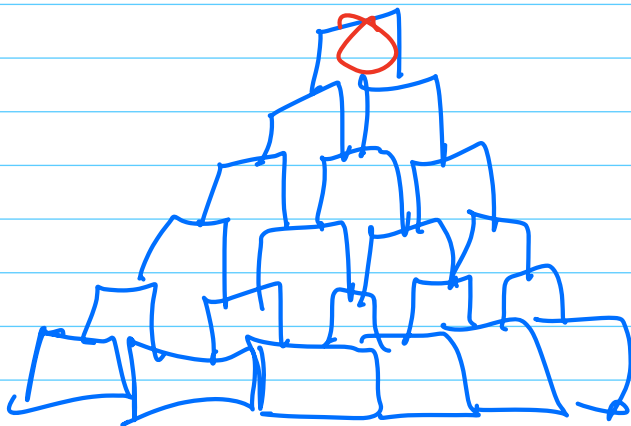
B $150 \text{ kWh} \times \$0.945 = \141.75

I $130 \text{ kWh} \times \$1.153 = \149.89

→ E $20 \text{ kWh} \times \$3.367 = \67.34



Con un SFV vamos a generar la energía si cuesta más de \$1.25 / kWh



Feb 2023

365

Feb 2024

2 contratos

①

Interconexión - Dist.

②

Contraprestación

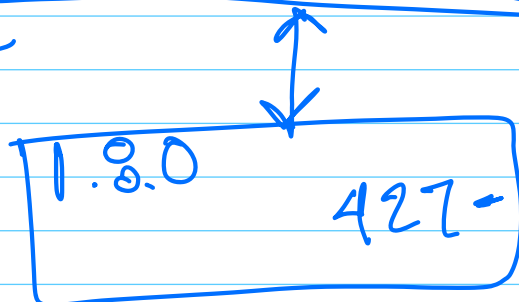
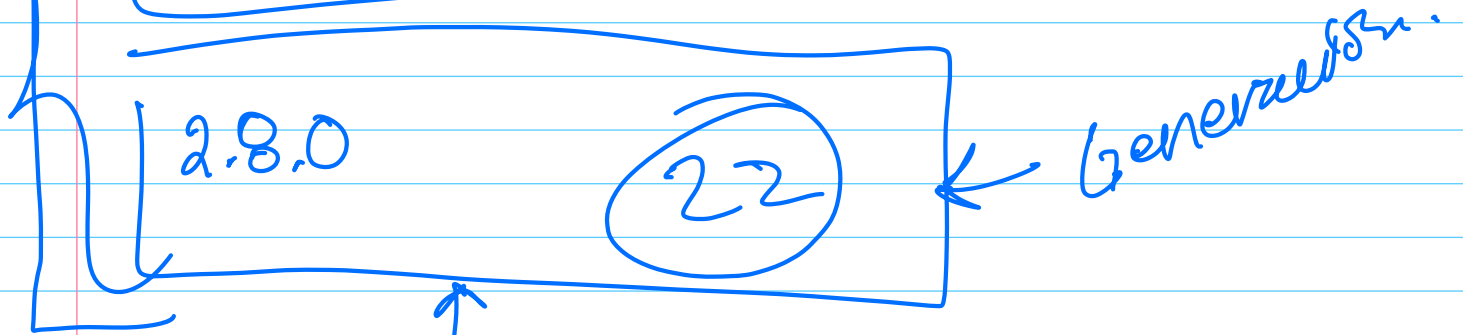
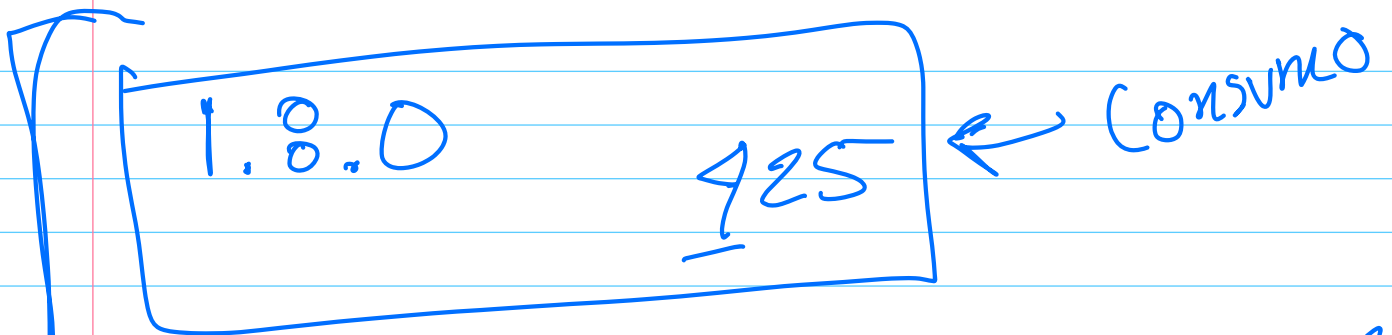
Suministro básico

Contraprestación

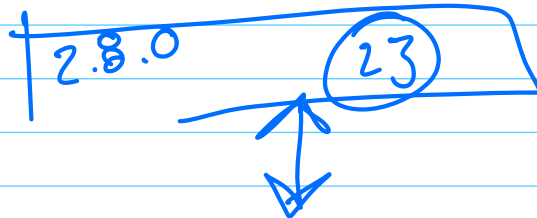
① Net Metering - 98%

② Net billing

③ Venta total



3kwh ←
1kwh ←



Cabrar 2kwh

M...A
C...
R...
N...
RM...001 CFE

TOTAL A PAGAR:

\$8,877

(OCHO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SIETE PESOS M.N.)

Obtén tu aviso recibo más fácil y rápido

Actualiza tus datos mediante el QR y obtendrás éste y otros beneficios



¡Escanea el código y listo!

LÍMITE DE PAGO: 20 NOV 23

CORTE A PARTIR: 21 NOV 23

TARIFA: 1E NO. MEDIDOR: EL058U
MULTIPLICADOR: 1

PERIODO FACTURADO: 04 SEP 23 - 02 NOV 23

Concepto	Lectura actual		Lectura anterior		Total periodo	Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
	Medida	Estimada	Medida	Estimada			
Energía (kWh)	57,305		52,725		4,580		
Básico					600	0.742	445.20
Intermedio1					900	0.928	835.20
Intermedio2					300	1.204	361.20
Este gráfico refleja tu nivel de consumo. A menor uso, mayor apoyo.							Subtotal 1

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	111.38	0.00	0.00	111.38	Energía	11,543.96
Distribución	0.00	0.00	3,370.42	3,370.42	IVA 16%	1,847.03
Transmisión	0.00	0.00	805.16	805.16	Fac. del Periodo	13,390.99
CENACE	0.00	0.00	28.85	28.85	Apoyo Gobiernos(3)	-4,514.00
Energía	0.00	0.00	3,375.46	3,375.46	Subtotal	8,876.99
Capacidad	0.00	0.00	2,184.66	2,184.66	Adeudo Anterior	7,182.42
SCnMEM(1)	0.00	0.00	28.40	28.40	Su Pago	-7,182.00
					Total	8,877.41

Fecha, hora y lugar de impresión: 18/11/2023 15:15:04hrs CUAUHTEMOC Y GUILLERMO PRIETO CENTRO LOS MOCHES AHOME SINALOA MEXICO 81200

(1) SCnMEM: Costos relacionados con los servicios del Mercado. (2) DAP: Derecho al Alumbrado Público. (3) Cargos o créditos: Diversos conceptos que se pueden incluir en el aviso recibo relacionados con el suministro.



81121 02-05-04 XAXX-010101 001 CFE
01 538020608846 231120 000008877 5



07DB07A1D0762090

Repartir

-1-

CFE contigo

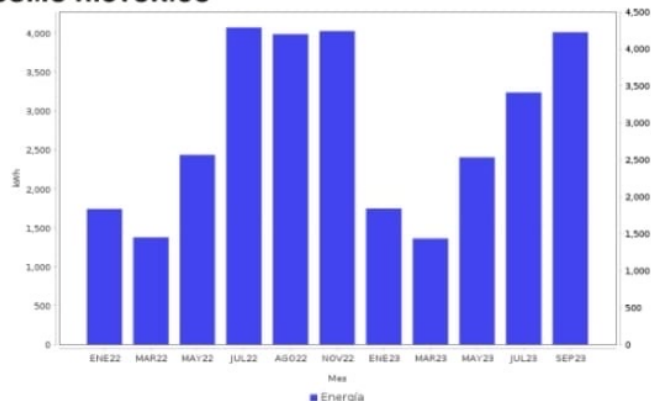


\$8,877

(OCHO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SIETE PESO)

CONSUMO HISTÓRICO

Periodo	kWh	Importe	Pagos	Pendientes de Pago
del 03 JUL 23 a 04 SEP 23	4012	\$7,182.00	\$7,182.00	
del 03 MAY 23 al 03 JUL 23	3237	\$4,955.00	\$4,955.00	
del 03 MAR 23 a 03 MAY 23	2404	\$8,481.00	\$8,481.00	
del 03 ENE 23 a 03 MAR 23	1361	\$4,279.00	\$4,279.00	
del 01 NOV 22 a 03 ENE 23	1747	\$5,724.00	\$5,724.00	
del 31 AGO 22 a 01 NOV 22	4027	\$6,787.00	\$6,787.00	
del 04 JUL 22 a 31 AGO 22	3987	\$6,605.00	\$6,605.00	
del 03 MAY 22 al 04 JUL 22	4072	\$6,745.00	\$6,745.00	
del 03 MAR 22 a 03 MAY 22	2436	\$8,009.00	\$8,009.00	
del 04 ENE 22 a 03 MAR 22	1376	\$4,037.00	\$4,037.00	
del 04 NOV 21 a 04 ENE 22	1741	\$5,308.00	\$5,308.00	



1E

Mayo, Junio, Julio, Agosto, Sept. y
Octubre - 4 escalones ←

(Base, 1.^a, 1.^a, 2.^a, Excedente)

Nov., Dic., Enero, Febrero, Marzo, Abril
- 3 escalones (Base, Intermedio y
Excedente).

	6 Verano ←	6 Invierno
per	✓ 4012 kWh	1747 kWh
zudo	✓ 3237 kWh	1361 kWh
zer	✓ 4580 kWh	2404 kWh

↑
Intermedio
alto y Excedente.

Excedente.

$$4012 \text{ kWh} - 1500 \text{ kWh} = 2512 \text{ kWh}$$

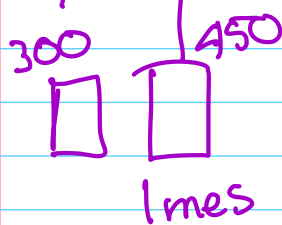
$$3237 \text{ kWh} - 1500 \text{ kWh} = 1737 \text{ kWh}$$

$$4580 \text{ kWh} - 1500 \text{ kWh}$$

$$= 3080 \text{ kWh}$$

2.1 Temporada de verano

Consumo básico	0.782	por cada uno de los primeros <u>300</u> (trescientos)
Consumo intermedio bajo	0.970	por cada uno de los siguientes <u>450</u> (cuatrocientos cincuenta) kilowatts-hora.
Consumo intermedio alto	1.260	por cada uno de los siguientes 150 (ciento cincuenta) kilowatts-hora.
Consumo excedente	3.737	por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.



$$300 + 450 = 750 \text{ kWh}$$

NO ME INTERESA GENERAR

$$750 \text{ kWh} + 750 \text{ kWh} = \underline{1500 \text{ kWh}}$$

2.2 Temporada fuera de verano

Consumo básico	1.055	por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.
Consumo intermedio	1.280	por cada uno de los siguientes 125 (ciento veinticinco) kilowatt-hora.
Consumo excedente	3.75	por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.



$$75 \text{ kWh} + 125 \text{ kWh} = 200 \text{ kWh} \leftarrow \text{Mensuales}$$

Al bimestre tengo 400 kWh QUE NO ME INTERESA GENERAR

Verano	Invierno
2512 kWh	1347 kWh
1737 kWh	(961 kWh)
(3080 kWh)	2004 kWh

Consumo energético FINAL : 11641 kWh / año.

$$P_{FV} = \frac{E_{requerida}}{\underbrace{H.S.P} \times 365 \times \underbrace{F.P.}_{\substack{\text{Peor} \quad \text{Mejor}}}} = \frac{11,641 \text{ kwh}}{6.31 \times 365 \times 0.77} = 6.56 \text{ kWp}$$

¿? Selección del MFV

- 1.- Alta potencia.
- 2.- No mida más de 2.25 m.
- 3.- Tenga stock

$$\# \text{ Módulos} = \frac{6560 \text{ Wp}}{540 \text{ Wp}} = 12.14$$

$12 < 0.15$

↑ ↑

$$\# \text{ Módulos} = \frac{6560 \text{ Wp}}{660 \text{ Wp}} = 9.93$$

10

Microinversores SIEMPRE de tener un # de módulos PAR.

Los MFV de 500W_p hasta 580W_p
Mis baratas.

12 MFV de 540W_p JA Salvar.

¿ Microinversor?

$thp. \times ch?$

$\frac{3}{4} - 1$ cada
3 días.

20 veces.

$P_{bomba} \times 1h \times 20$

$$P_{bomba} = \frac{HP \times 746}{\eta \times F.P.}$$

APS systems

Moymiles /

(A)

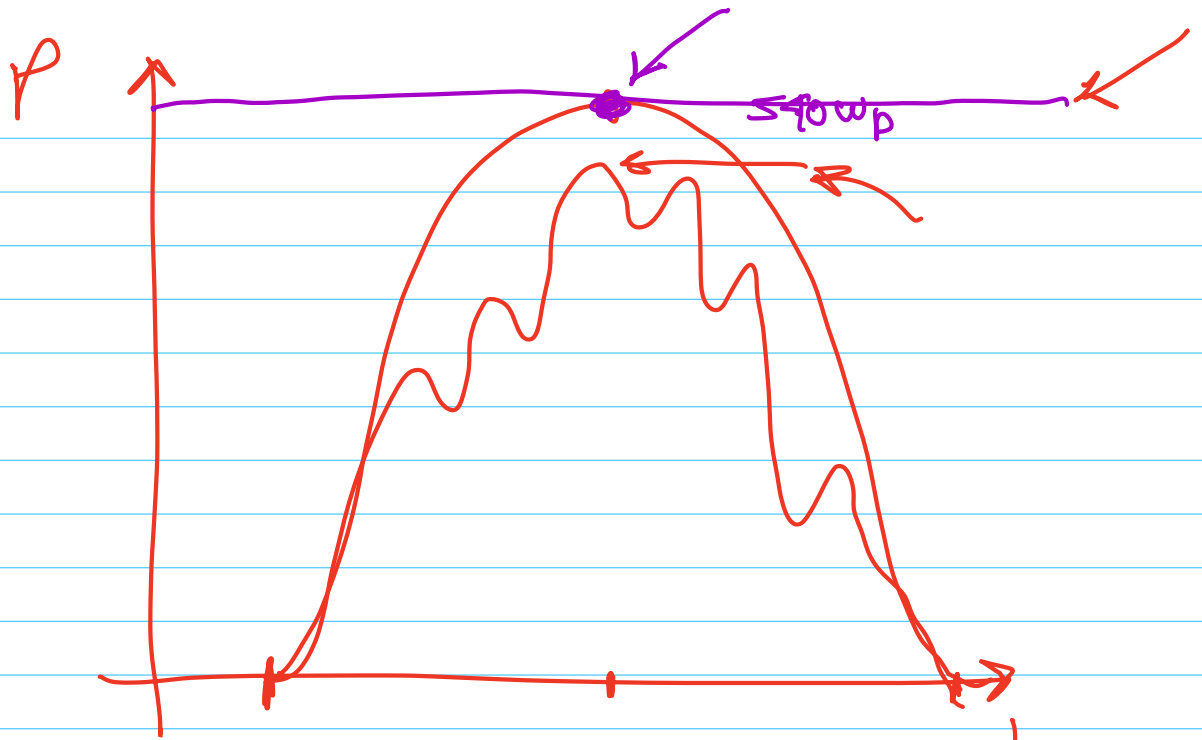
Micro de 4 MFV
2000W

(C)

Micro de 4 MFV.
2000W

(B)

Micro de 2 MFV
1050W



$$\underline{540Wp} \leftarrow 4 \times 540Wp = \underline{2160Wp} \quad t$$

$$P_{micro} \ll P_{módulos}.$$

Óptimo es que los MFU sean 1.28 veces más grandes que los micros.

Technical Specifications

Model	HMS-1800B-4T	HMS-2000B-4T
Input Data (DC)		
Commonly used module power (W)	360 to 600+	400 to 670+
Maximum input voltage (V)	65	
MPPT voltage range (V)	16-60	
Start-up voltage (V)	22	
Maximum input current (A)	4 × 15	4 × 15
Maximum input short circuit current (A)	4 × 25	
Number of MPPTs	2	
Number of Inputs per MPPT	2	

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	530	535	540	545
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.30	49.45	49.60	49.75
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.31	41.47	41.64	41.80
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.72	13.79	13.86	13.93
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.83	12.90	12.97	13.04
Module Efficiency [%]	20.5	20.7	20.9	21.1
Power Tolerance	0~+5W			
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.045%/°C			
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.275%/°C			
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C			
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°			

- ✓ 1.- $P_{\text{módulo}}$ esté dentro del rango.
- ✓ 2.- V_{max} sea menor que el V que soporta el microinversor.
- ✓ 3.- I_{max} del módulo sea menor que la I que soporta el microinversor.

- Menor temperatura, el voltaje sube
- Mayor temperatura, el voltaje baja.

$$T_{\min} = 9.9^{\circ}\text{C}$$

$$V_{oc} = 49.6 \text{ V} \quad \xrightarrow{25^{\circ}\text{C}}$$

→ Factor de la tabla 690-7a) de la NOM-001-SEDE

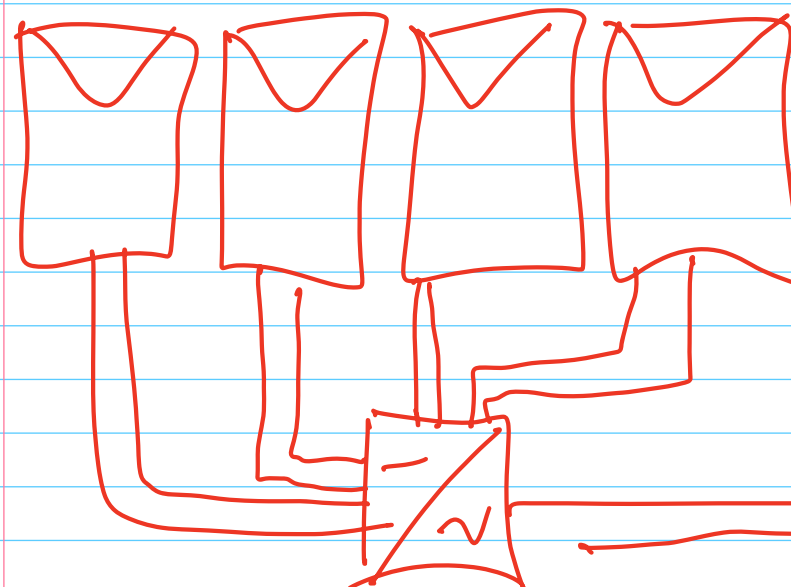
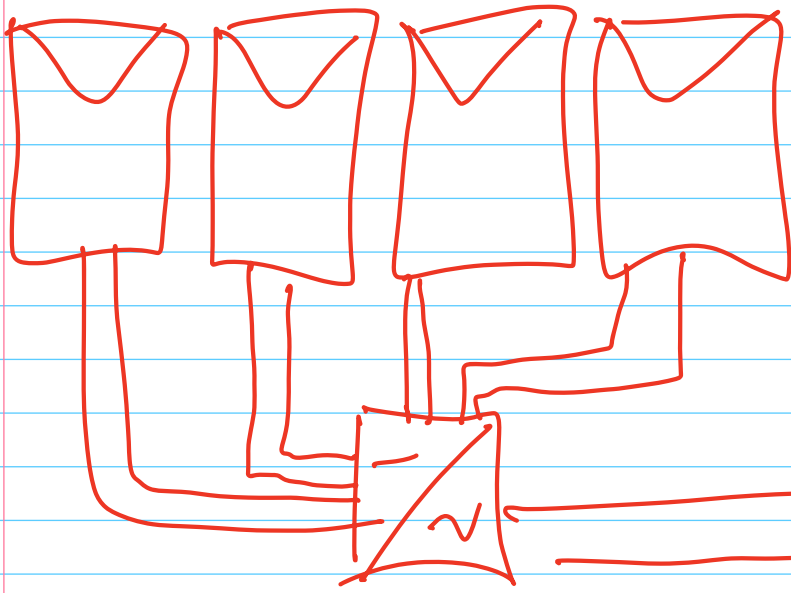
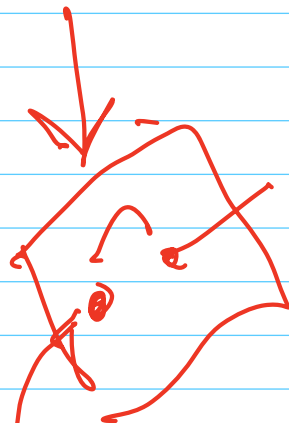
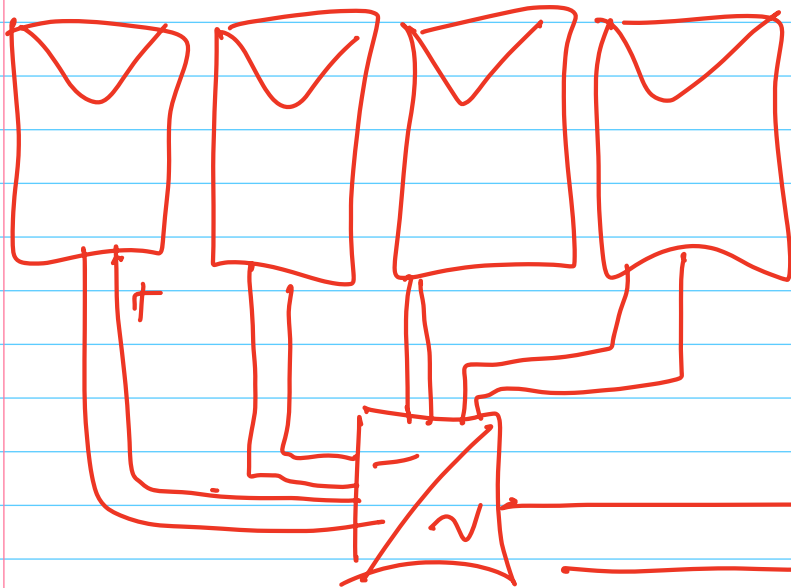
$$V_{\max} = 49.6 \text{ V} \times 1.06 = \underline{52.58 \text{ V}}$$

③

$I_{\max} < I_{\max}$ extraída del micro.

690-8a) $I_{\max} = I_{sc} \times 1.25$

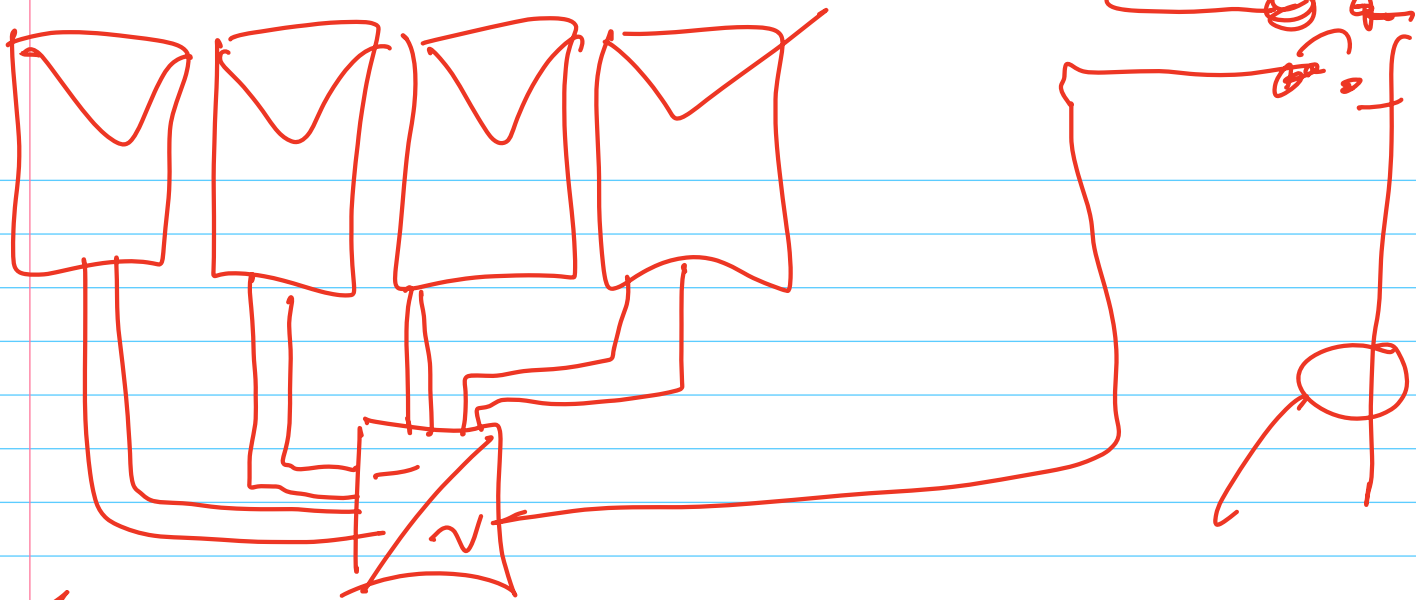
$$I_{\max} = 13.86 \text{ A} \times 1.25 = \underline{17.33 \text{ A}}$$



12V AC

2

10A

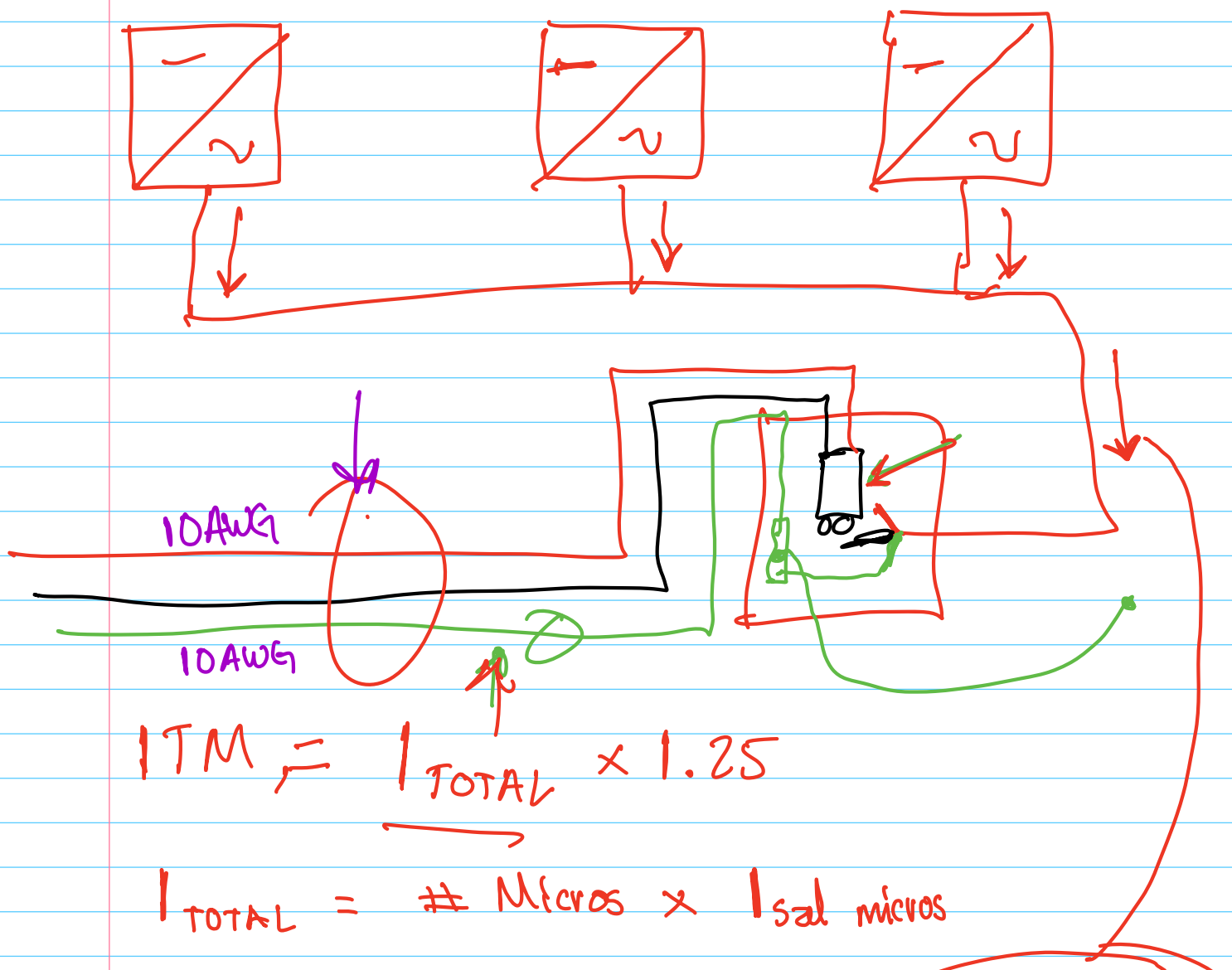


NO

El cable frontal de un microinversor a dos fuses solamente lleva 3 cables; F_1 , F_2 y CPT

El conductor neutro solo se usa en microinversores a 127v y trifásicos;

127v — YC600B; APsystems
220v, 3 ϕ — QT2



$$I_{TM} = I_{TOTAL} \times 1.25$$

$$I_{TOTAL} = \# \text{ Micros} \times I_{sal \text{ micros}}$$

$$= 3 \times 9.09A = 27.27A$$

$$I_{TM} = 1.25 \times 27.27A = 34.09A$$

$$\downarrow$$

$$40A$$

Cable de fierro

250-122 NOM 001 SEDE

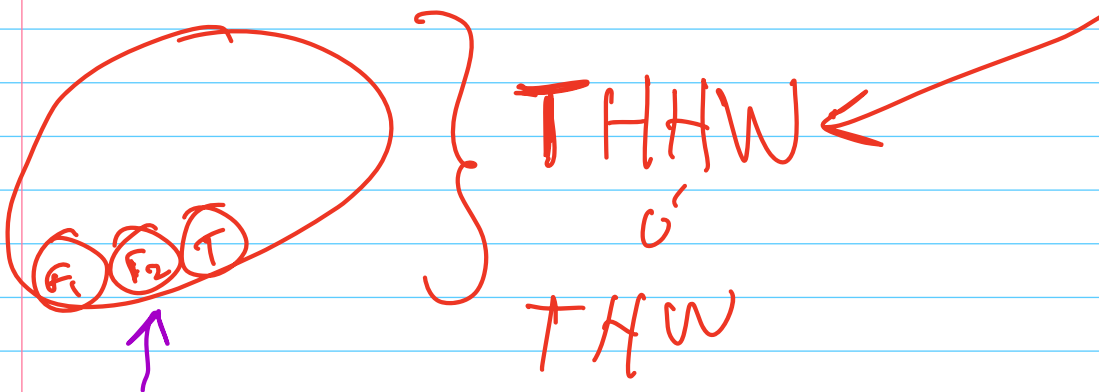
40 A en TM corresponden a
cable 10 AWG

Tubería.

Tubería metálica pared gruesa.
(IMC)

Si llaran más de 2 conductores.

→ 40% de su área.



Calcular Área de cables.

Tabla 5 → cables

Área de los conductores

$$= 3 \times 15.68 \text{ mm}^2 = 47.04 \text{ mm}^2$$

→ Tabla 4 → Tuberías.

Archivos 9:41 a.m. Mar 9 de ene

100%



Proyecto de NOM-001-SEDE-2018 Instalaciones Eléctricas enviada al CCNIE PDF



91	3 1/2	88.90	6207	3724	3290	1924	2483
103	4	101.6	8107	4864	4297	2513	3243

Artículo 342 – Tubo conduit metálico semipesado (IMC)

Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12	3/8	—	—	—	—	—	—
16	1/2	16.80	222	133	117	69	89
21	3/4	21.90	377	226	200	117	151
27	1	28.10	620	372	329	192	248
35	1 1/4	36.80	1064	638	564	330	425
41	1 1/2	42.70	1432	859	759	444	573
53	2	54.60	2341	1405	1241	726	937
63	2 1/2	64.90	3308	1985	1753	1026	1323
78	3	80.70	5115	3069	2711	1586	2046
91	3 1/2	93.20	6822	4093	3616	2115	2729
103	4	105.40	8725	5235	4624	2705	3490

Artículo 356 – Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos (LFNC-B*)

Designación	Tamaño	Diámetro	100% del	60% del	Un	Dos	Más de 2
-------------	--------	----------	----------	---------	----	-----	----------

