



SELECCIÓN DE GRUPOS ELECTROGENOS

Basada en los apuntes del Ing. Jorge Tanaka

MINERÍA





DATA
CENTERS

Integrated Power Systems for Data Centers



RENTA .
ALQUILER

PETRÓLEO Y GAS OFFSHORE



PETRÓLEO – GAS LAND DRILLING



GRUPOS ELECTRÓGENOS MARINOS







GENERACIÓN A GAS
NATURAL / BIOGAS

GENERACIÓN CON COMBUSTIBLE PESADO (HFO)





Selección de Grupos electrógenos

Este módulo lo guiará en los pasos básicos para seleccionar un grupo electrógeno.

1. Identificar los principales datos de trabajo requeridos para la selección.
2. Seleccionar el tipo de grupo electrógeno según la aplicación requerida.

Datos requeridos para la selección de un grupo electrógeno



1. Altitud de trabajo (m.s.n.m.)
2. Temperatura ambiente máxima y mínima (°C)
3. Tensión de trabajo (V)
4. Datos de cargas: Cuadro de cargas, Nivel de carga mínimo, Secuencia de arranque, Diagramas unifilares
5. Tipo de combustible (Diésel o GLP o GN)
6. Factor de carga, Horas anuales de trabajo, Sobrecarga
7. Aplicación – Localización de funcionamiento.
8. Grado de protección IP
9. Clase de aislamiento del generador y calentamiento (°C)
10. Niveles de armónicos (THD V, THD A)
11. Nivel de ruido requerido, Encapsulado, dB(A)
12. Autonomía del tanque de combustible
13. Nivel de emisiones requeridas
14. Trabajo en paralelo a la red, con otros grupos o modo isla
15. Nivel de carga monofásica
16. Tiempo deseado de arranque

Efecto de la altitud sobre el motor del grupo electrógeno

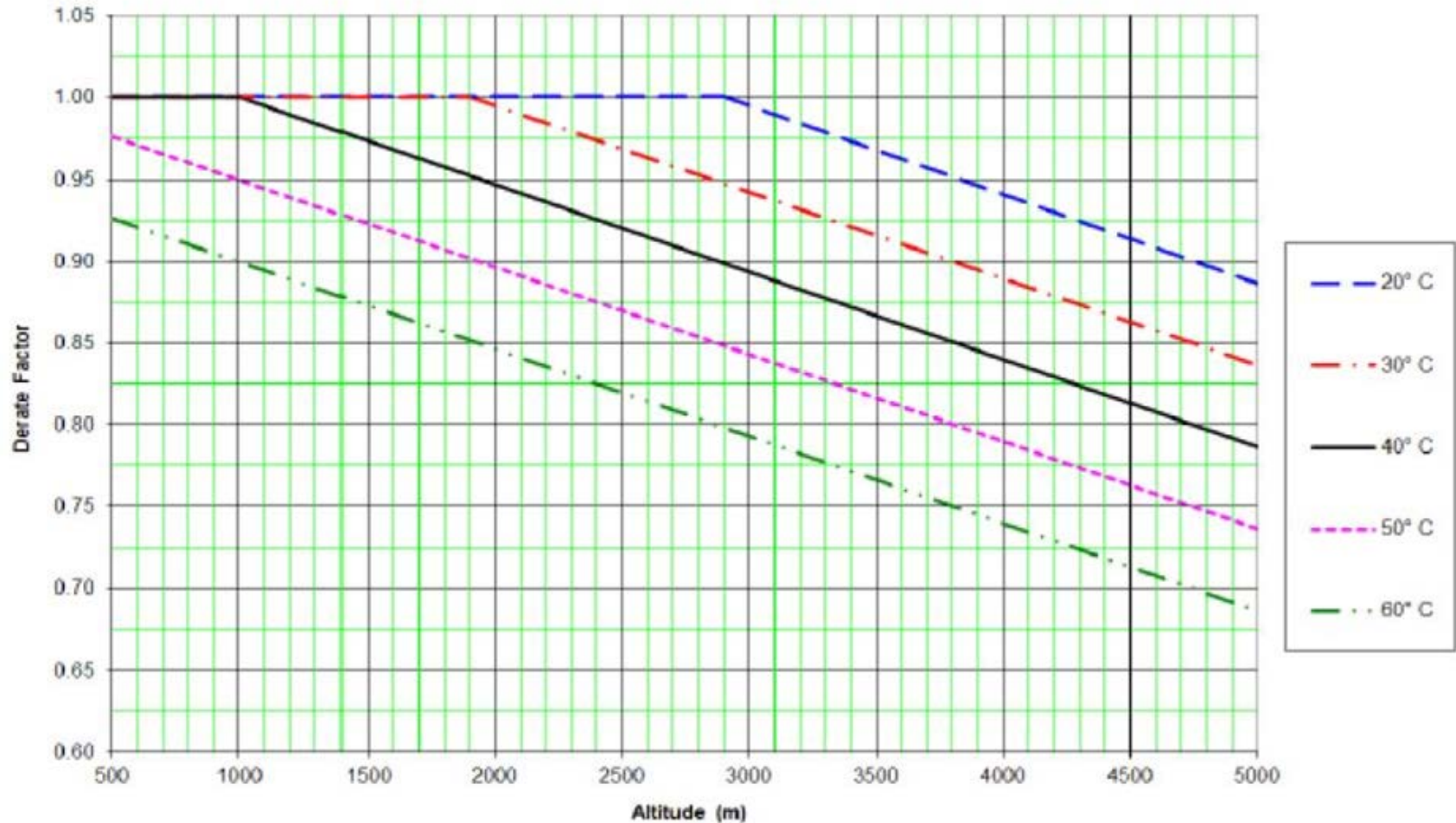


- La altitud de la instalación y la temperatura producen una corrección (derrateo) de la potencia del grupo electrógeno debido que disminuyen la densidad del aire utilizado para el enfriamiento.
- En general, el fabricante debe proporcionar las tablas de corrección para cada modelo que ofrece, de no tenerlas se puede utilizar la siguiente regla general: "A una altitud por encima de 1 000 m.s.n.m. se produce una reducción del 3% por cada 100 m de altitud".
- El valor real del factor de corrección puede variar función del calentamiento admisible, la contaminación, la presencia de polvo y la humedad en el ambiente en donde está instalado el grupo electrógeno.

Tabla genérica de pérdida de potencia de motor Diesel respecto a la altitud



Altitude/Ambient Temperature
Derate Factors for Generators





Efecto del arranque de los motores eléctricos sobre el generador del grupo

- El grupo electrógeno deberá tener suficiente capacidad para entregar los kVA requeridos en el momento de arranque, denominados **skVA**, y con ello limitar la caída de tensión momentánea inicial.
- Estos datos de los motores y del grupo electrógeno son proporcionados por el fabricante en ambos casos

Letra Código NEMA de motores CA	
Letra código NEMA	KVA en arranque skVA/hp
A	0,00 - 3,14
B	3,16 - 3,64
C	3,55 - 3,99
D	4,00 - 4,49
E	4,50 - 4,89
F	5,00 - 5,59
G	5,60 - 6,29
H	6,30 - 7,09
J	7,10 - 7,99
K	8,00 - 8,99
L	9,00 - 9,99
M	10,00 - 11,19
N	11,20 - 12,19
P	12,50 - 13,99
R	14,00 - 15,99
S	16,00 - 17,99
T	18,00 - 19,99
U	20,00 - 22,39
V	22,40



Efecto del arranque de los motores eléctricos sobre el generador del grupo

- Si se tienen datos del fabricante de los motores, se puede usar la corriente de rotor bloqueado del motor (LRA) que se obtiene del ensayo y estimar la potencia aparente de arranque skVA mediante la siguiente expresión:

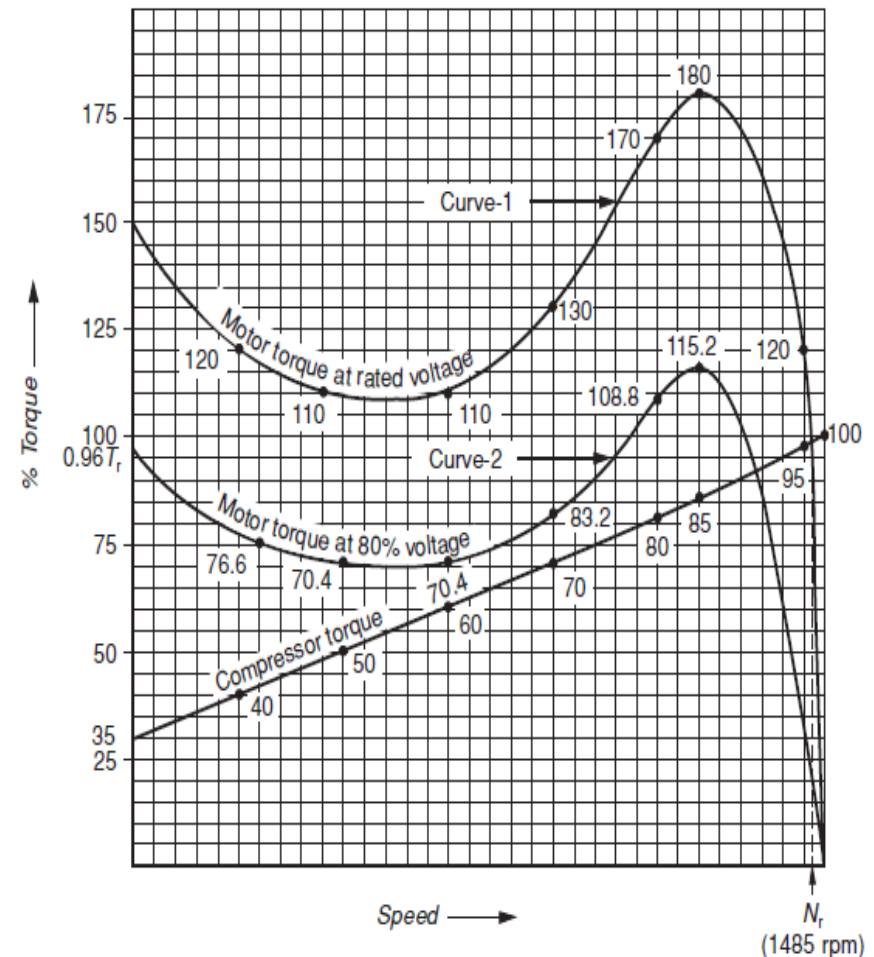
$$\text{skVA} = (1,732 \times \text{LRA} \times U_{\text{operación}}) / 1000$$

- Si se desconoce la corriente rotor bloqueado, esta se puede asumir por la siguiente expresión:

$$\text{LRA} = 6,0 \times I_{\text{PLENA CARGA}}$$

Efectos del arranque de motores eléctricos con tensión reducida

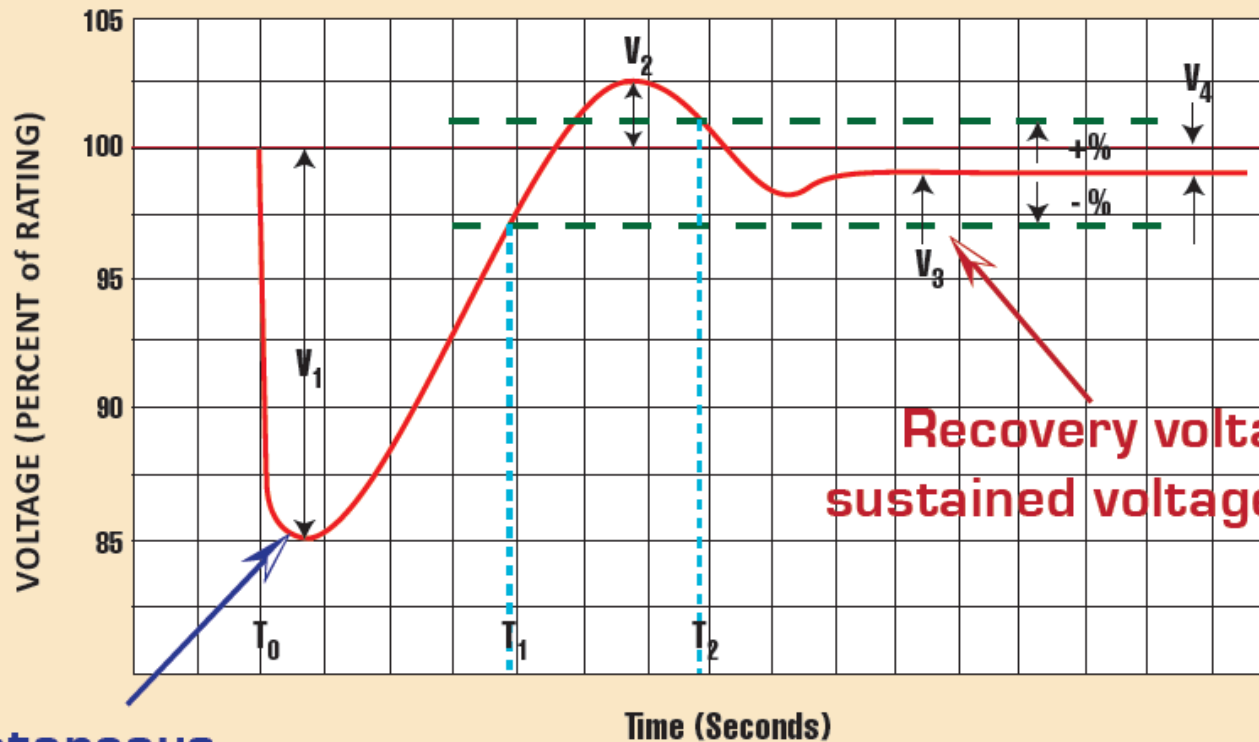
- La utilización de métodos de arranque de tensión reducida requieren de menor skVA, pero deben proporcionar el torque necesario para el arranque y la aceleración de la maquina movida.
- La tabla a continuación proporciona los factores de reducción de la corriente de arranque y torque con respecto a la tensión nominal.





Métodos de arranque de tensión reducida			
Tipo de arranque de motor	Tensión del motor $\%U_L$	Corriente de línea como $\%$ corriente de arranque a U_L	Par de arranque como $\%$ del torque de arranque a U_L
Motor a tensión directa	100	100	100
Autotransformador			
Toma al 80%	80	*68	64
Toma al 65%	65	*46	42
Toma al 50%	50	*29	25
Motor con resistencia de arranque de paso simple (tensión de motor 80%)	80	80	64
Reactor			
Toma al 50%	50	50	8
Toma al 45%	45	45	20
Toma al 37,5%	37,5	37,5	14
Devanado parcial (solo motores de baja tensión)			
Devanado del 75%	100	75	75
Devanado del 50%	100	50	50
Arranque estrella-triángulo	57	33	33
Estado sólido	Ajustable		
* El porcentaje de la corriente de línea es 64%, 42% y 24% antes de la adición de la corriente de magnetización del transformador			

Caída de tensión instantánea y caída de tensión sostenida



Instantaneous
voltage dip (V_1)

Recovery voltage or
sustained voltage dip (V_3)



Formatos para selección la selección del Grupo Electrógeno

1. Formato de Selección IEC
2. Formato de Selección NEMA

Formatos para selección de grupo electrógeno

Customer _____ Project _____ Analyst _____ Date _____

I. APPLICATION DATA

Prime/Standby Power _____ Gas/Diesel Fuel _____ Volts _____ Phase _____ Hz _____

II. LOADS

A. Lighting Loads _____ kW

B. Other Non-Motor Loads _____ kW

C. Motors

Nameplate Data

Starting Sequence	Motor kW	Full Load Amps	Locked Rotor Amps	Reduced Voltage Starting Type	Acceptable Voltage Dip Percent	Motor Eff. (Chart 5)	kW (Engine) = $\frac{\text{kW (Motor)}}{\text{Motor Efficiency (Chart 5)}}$
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ kW
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ kW
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ kW
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ kW
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____ kW

Total Motor Load _____ kW

Total Engine Load (A + B + C) _____ kW

III. ENGINE SIZING

IV. ENGINE SELECTION Model: _____ Frame: _____ Rating (With Fan): _____ kW _____ Hz _____ rpm

V. GENERATOR SIZING Start Sequence

A. Starting kV•A (SKVA)

1. Locked Rotor Amps (Use $6.0 \times$ Full Load Amperes if LRA Unknown), Refer to Chart 4 if Full Load Amps Unknown

2. $SKVA = \frac{LRA \times V \times 1.732}{1,000}$

B. Effective SKVA

1. All Motors Running

2. All Motors Running & Motor Being Started

3. $\frac{B.1}{B.2} \times 100$

4. Compensation for Motors Already Started (Chart 2)

5. Step A.2. \times Step B.4.

6. Reduced Voltage Factor (Chart 3) (use 1.0 if no starting aid used)

7. Effective SKVA = Step B.5. \times B.6.

8. Acceptable Voltage Dip (10, 20, 30%)

C. Generator Selection (Chart 1)

1. Frame

2. Rating

3. SKVA at Selected Voltage Dip

Motor(s) 1	Motor(s) 2	Motor(s) 3	Motor(s) 4	Motor (s) 5
_____ LRA	_____ LRA	_____ LRA	_____ LRA	_____ LRA
_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA
_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW
_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %
_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA
_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %
_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW

VI. GENERATOR SET SIZING

Select Largest Generator Set Model of Step IV and Step V.C.1.

Model: _____ Frame: _____ Rating: _____ kW Prime/Standby _____ Hz _____ rpm

Customer _____ Project _____ Analyst _____ Date _____

I. APPLICATION DATA

Prime/Standby Power _____ Gas/Diesel Fuel _____ Volts _____ Phase _____ Hz _____

II. LOADS

A. Lighting Loads _____ kW

B. Other Non-Motor Loads _____ kW

C. Motors _____ kW (Engine) = $\frac{\text{hp (Motor)} \times 0.746}{\text{Motor Efficiency (Chart 5)}}$

Nameplate Data					
Starting Sequence	hp	Nema Code	Reduced Voltage Starting Type	Acceptable Voltage Dip Percent	Motor Eff. (Chart 5)
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____	_____

III. ENGINE SIZING

Total Motor Load _____ kW
Total Engine Load (A + B + C) _____ kW

IV. ENGINE SELECTION Model: _____ Frame: _____ Rating (With Fan): _____ kW _____ Hz _____ rpm

V. GENERATOR SIZING Start Sequence

	Motor(s) 1	Motor(s) 2	Motor(s) 3	Motor(s) 4	Motor (s) 5
A. Starting kVA (SKVA)					
1. Motor Ratings	_____ hp	_____ hp	_____ hp	_____ hp	_____ hp
2. NEMA Code	_____	_____	_____	_____	_____
3. SKVA/hp (Use 6.0 if Code Letter Unknown)	_____	_____	_____	_____	_____
4. SKVA/hp x Motor hp (A.1 x A.3)	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA
B. Effective SKVA					
1. All Motors Running	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW
2. All Motors Running & Motor Being Started	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW
3. $\frac{B.1}{B.2} \times 100$	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %
4. Compensation for Motors Already Started (Chart 2)	_____ 1.0	_____	_____	_____	_____
5. Step A.4. x Step B.4.	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA
6. Reduced Voltage Factor (Chart 3) (use 1.0 if no starting aid used)	_____	_____	_____	_____	_____
7. Effective SKVA = Step B.5. x B.6.	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA	_____ SKVA
8. Acceptable Voltage Dip (10, 20, 30%)	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %
C. Generator Selection (Chart 1)					
1. Frame	_____	_____	_____	_____	_____
2. Rating	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW	_____ kW
3. SKVA at Selected Voltage Dip	_____	_____	_____	_____	_____

VI. GENERATOR SET SIZING

Select Largest Generator Set Model of Step IV and Step V.C.1.

Model: _____ Frame: _____ Rating: _____ kW Prime/Standby _____ Hz _____ rpm

NEMA

Procedimiento de selección de un grupo electrógeno



Completar la información de las partes I y II del formato con los datos de placa de los motores o del fabricante.

La eficiencia de los motores puede ser estimada usando tabla No. 4 como referencias

Tabla No. 4 Eficiencias aproximadas de los motores de inducción de jaula de ardilla *		
Potencia HP	Potencia kW	Eficiencia a plena carga
5 a 7,5	4 a 6	0.83
10	7,5	0.85
15	11	0.86
20 a 25	15 a 19	0.89
30 a 50	22 a 37	0.90
60 a 75	45 a 56	0.91
100 a 300	74,6 a 224	0.92
350 a 600	261 a 448	0.93
* Las eficiencias están influenciadas significativamente por la clase de motor.		

Procedimiento de selección de un grupo electrógeno



Seleccionar el motor que se ajusta en frecuencia (Hz), configuración (gas, diésel, turbo-compresión, post-enfriamiento, aspiración natural, velocidad y carga. Los Hz y la configuración se encuentran en la Sección I. La velocidad es de preferencia del cliente y la carga se determina en la Sección II.

Determinación de tamaño del grupo electrógeno:

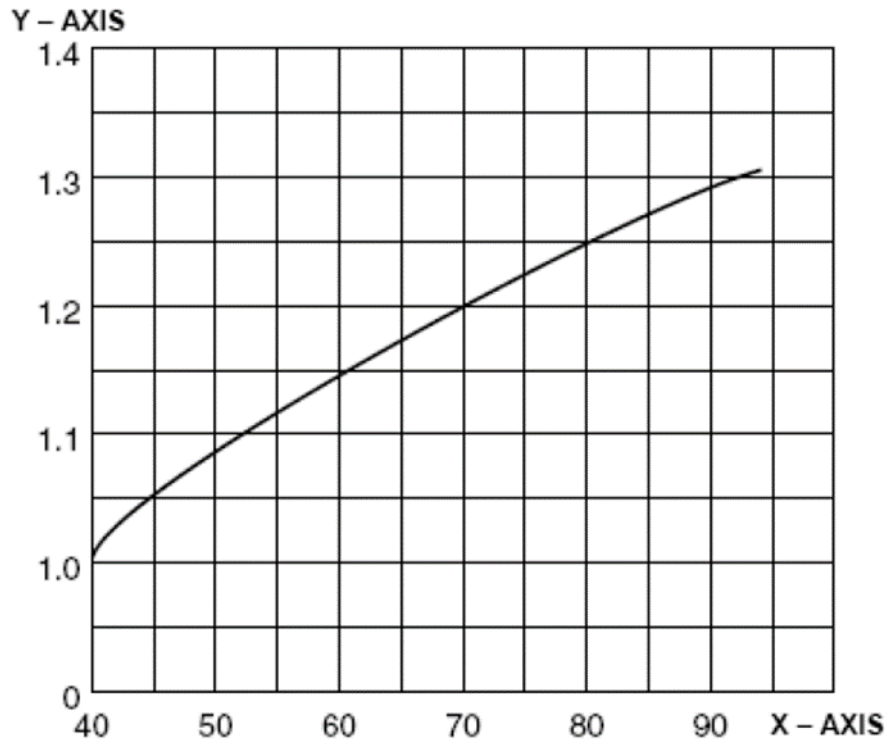
En la Sección V complete en la Parte A de todos los motores usando la información de la placa de características. Minimice los requisitos de arranque, **realizando primero el arranque de los motores más grandes**. La clasificación de los motores y el código NEMA pueden encontrarse en la Sección II. Los skVA/hp se encuentran usando la letra de código NEMA o a partir de la LRA,

Los motores en línea disminuyen los skVA para el arranque de motores adicionales. Para el ítem B1 de la columna 1, el primer motor siempre es cero si hay más de un motor. El espacio No. 2 del motor son los kW de la Sección II del primer motor de secuencia. Los kW adicionales del motor se suman al total para cada arranque del motor. Los ítems de la fila B2 se llenan usando la información de la Sección II. Los ítems de la fila B3 usan la fórmula de multiplicador de carga previa del motor para determinar el porcentaje de carga del motor.

Procedimiento de selección de un grupo electrógeno (continúa)



La fórmula de multiplicador de carga previa del motor es B1 dividido entre B3, ó:



$$\% \text{ Carga del motor} = \frac{\text{Todos los motores en funcionamiento}}{\text{Todos los motores en funcionamiento y los que están en arranque}} \times 100$$

Si el porcentaje de carga del generador está por **debajo del 40%, el multiplicador es 1,0**, cuando es mayor del 40 % se debe utilizar el valor de la gráfica como multiplicador de carga.

Procedimiento de selección de un grupo electrógeno



Si se usa un método de arranque de tensión reducida, multiplicar los skVA se multiplican por el FC_{TR} de la Tabla No. 6; completar los espacios de las columnas B6 y B7 de los formatos.

Tabla No. 6 Factor de corrección de los skVA debido al arranque de tensión reducida	
Tipo de arranque	Factor de Corrección
Resistencia, reactor (bobina), impedancia	0.80
Toma de 80 %	0.65
Toma de 65 %	0.50
Toma de 50 %	0.45
Toma de 45 %	
Autotransformador	
Toma de 80 %	0.68
Toma de 65 %	0.46
Toma de 50 %	0.29
Arranque Y Δ , funcionamiento	0.33
Estado sólido: Ajustable, consultar al fabricante o calcule el 300% de los kVA de operación a tensión nominal NOTA: Si no se usan métodos de arranque de tensión reducida, se utiliza el valor de 1.	



Selected Model

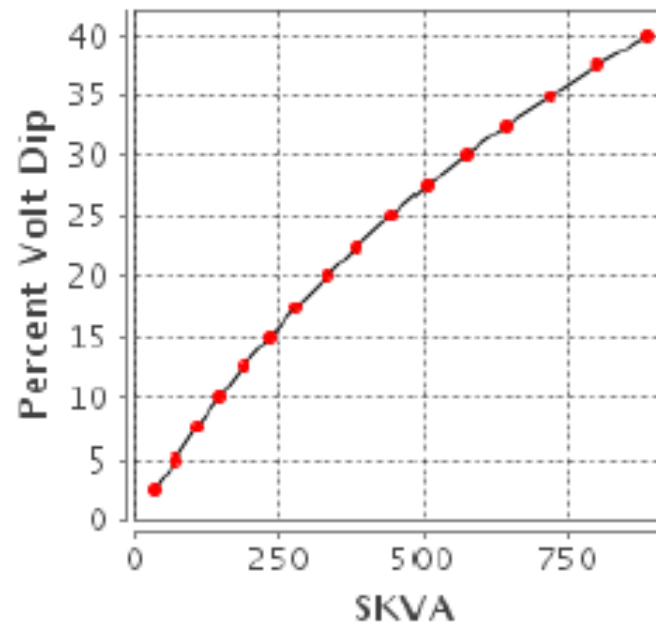
Engine: C13 Generator Frame: LC6114B Genset Rating (kW): 320.0 Line Voltage: 380
Fuel: Diesel Generator Arrangement: 3969606 Genset Rating (kVA): 400.0 Phase Voltage: 220
Frequency: 60 Excitation Type: Self Excited Pwr. Factor: 0.8 Rated Current: 607.7
Duty: PRIME Connection: SERIES STAR Application: EPG Status: Current

Version: 41764 / 42159 / 41291
/ 17322

Starting Capability & Current Decrement Motor Starting Capability (0.6 pf)

Motor Starting

SKVA	Percent Volt Dip
34	2.5
70	5.0
108	7.5
148	10.0
191	12.5
235	15.0
283	17.5
334	20.0
387	22.5
445	25.0
506	27.5
572	30.0
643	32.5
719	35.0
801	37.5
890	40.0



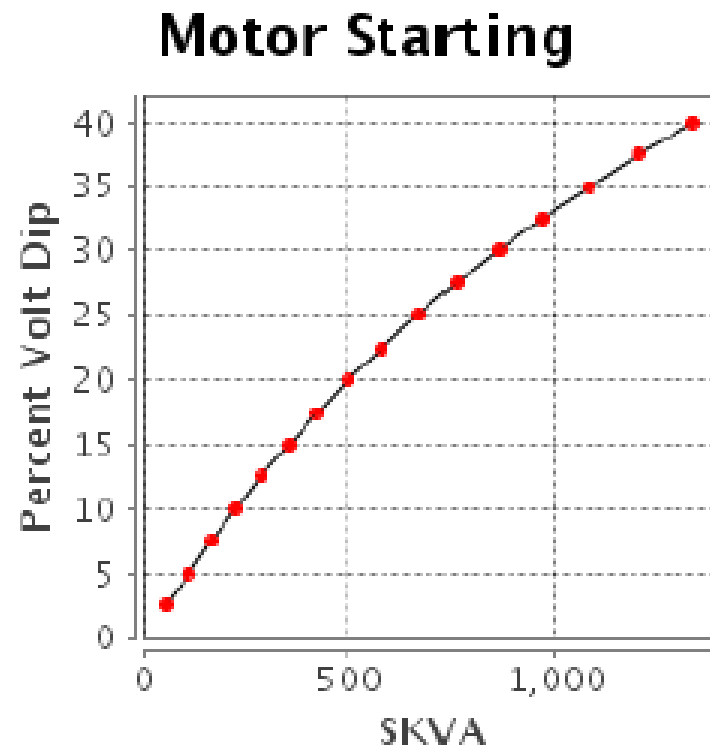


Engine: C15 **Generator Frame:** GTA311AE41 **Genset Rating (kW):** 365.0 **Line Voltage:** 380
Fuel: Diesel **Generator Arrangement:** 4653028 **Genset Rating (kVA):** 456.3 **Phase Voltage:** 220
Frequency: 60 **Excitation Type:** AUX **Pwr. Factor:** 0.8 **Rated Current:** 693.2
Duty: PRIME **Connection:** SERIES STAR **Application:** EPG **Status:** Current

Version: 42417/41365/42096/9

Starting Capability & Current Decrement
Motor Starting Capability (0.4 pf)

SKVA	Percent Volt Dip
51	2.5
105	5.0
162	7.5
223	10.0
286	12.5
354	15.0
425	17.5
501	20.0
582	22.5
668	25.0
760	27.5
859	30.0
965	32.5
1,079	35.0
1,202	37.5
1,336	40.0



Ejemplo de selección de un grupo electrógeno



En una planta de procesamiento de mineral se tienen la siguiente secuencia de arranque

Una primera bomba de 110 kW clase NEMA código B con arranque directo, un segundo motor de 110 kW clase NEMA código G con autotransformador con 80% de reducción de tensión en el arranque y una tercera bomba de 90 kW con arrancador suave con 60% de la potencia de un arranque directo, tipo IEC con corriente nominal 167 A un ratio de corriente de rotor bloqueado ($I_L/I_N = 7.2$) y eficiencia de 95.6%, todos trabajando a 440 V, dependiendo de la demanda, pueden trabajar dos o tres los motores. La altura de trabajo es a nivel del mar.

La caída admisible de tensión en el arranque en todos los casos es 25%

Se tiene además entre luminarias y cargas varias 10 kW.

La secuencia de arranque es siempre fija

- 1 Se requiere dimensionar el grupo electrógeno Diesel para alimentar dichas bombas sólo para trabajar como respaldo de la red eléctrica.
- 2 Defina la potencia nominal del grupo electrógeno y el régimen de trabajo (Standby/Prime/Continuo) según ISO 8528.1



Selected Model

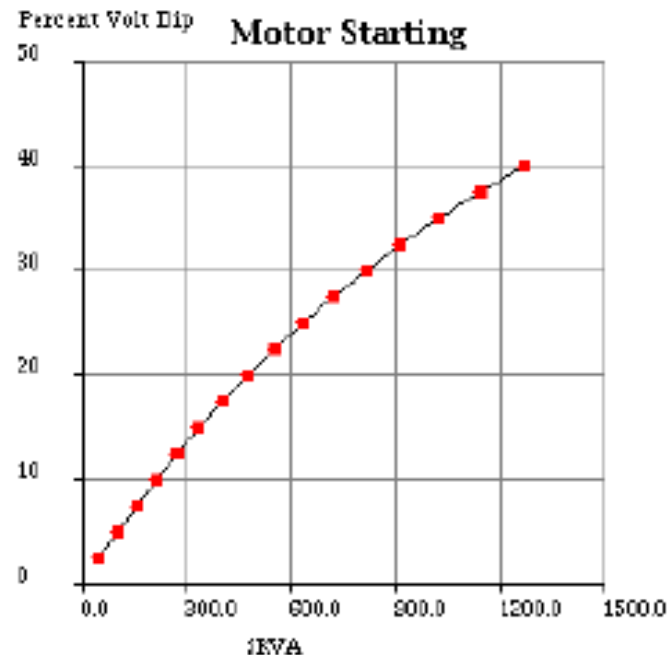
Engine: 3406 Generator Frame: LC5034J Genset Rating (kW): 300.0 Line Voltage: 480
Fuel: Diesel Generator Arrangement: 2377184 Genset Rating (kVA): 375.0 Phase Voltage: 277
Frequency: 60 Excitation Type: Permanent Magnet Pwr. Factor: 0.8 Rated Current: 451.1
Duty: STANDBY Connection: SERIES STAR Application: EPG Status: Current

Version: 40840 /40476 /39521 /60.47

Starting Capability & Current Decrement

Motor Starting Capability (0.6 pf)

SKVA	Percent Volt Dip
49	2.5
100	5.0
154	7.5
212	10.0
272	12.5
336	15.0
404	17.5
476	20.0
553	22.5
635	25.0
722	27.5
816	30.0
917	32.5
1,025	35.0
1,143	37.5
1,270	40.0



Engine: C9
Fuel: Diesel
Frequency: 60
Duty: STANDBY

Generator Frame: LC5014J
Generator Arrangement: 4490575
Excitation Type: Self Excited
Connection: SERIES STAR

Selected Model

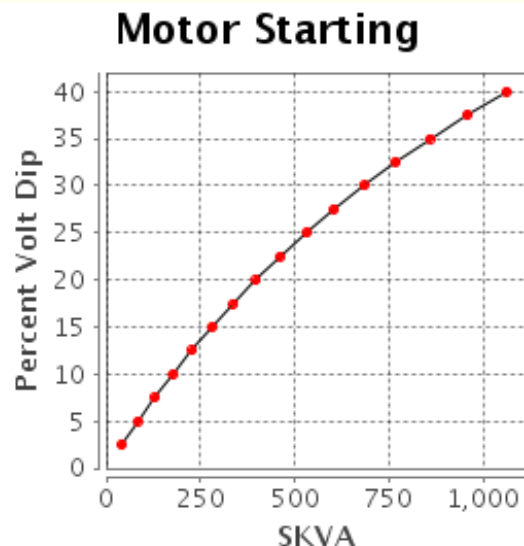
Genset Rating (kW): 300.0
Genset Rating (kVA): 375.0
Pwr. Factor: 0.8
Application: EPG

Line Voltage: 480
Phase Voltage: 277
Rated Current: 451.1
Status: Current

Version: 41764 /40476 /41661 /8821

Starting Capability & Current Decrement Motor Starting Capability (0.6 pf)

SKVA	Percent Volt Dip
41	2.5
84	5.0
129	7.5
177	10.0
228	12.5
281	15.0
338	17.5
398	20.0
462	22.5
531	25.0
604	27.5
683	30.0
767	32.5
858	35.0
956	37.5
1,062	40.0



Con el grupo electrógeno modelo C9 habrá una caída de tensión cerca a 30% (No cumple)

Con el grupo electrógeno modelo 3406 habrá una caída de tensión menor a 25% (cumple)

Bibliografía



1. Guía de aplicación e Instalación - Dimensionamiento de los Motores y generadores en Aplicaciones de energía Eléctrica **CATERPILLAR**
2. Generadores enfriados por liquido - Manual de aplicación **CUMMINGS**

Agradecimiento especial al **Ing. Jorge Tanaka C.** y a Caterpillar por el material suministrado en las presentaciones que realizo en curso durante los años 2017 y 2019