

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		

## MEMORIA DE CÁLCULOS – DISCIPLINAS MECÁNICA Y PROCESOS

AGM-02-0204-CAL-M-0001

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		

Rev.	Fecha	Breve Descripción del Cambio	Total Pág.	Elab. por CONTRATISTA	Rev. por CONTRATISTA	Aprob. Por CORPOELEC
0	7/19/2011	EMISIÓN FINAL	31	TK	CB	XX
A	dd/mm/aaaa	EMISIÓN PARA COMENTARIOS DE EDC	31	TK	CB	XX


 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

## CONTENIDO

**INTRODUCCIÓN** ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>2. ALCANCE.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>3. DEFINICIONES .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>4. UBICACIÓN .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>5. REFERENCIAS .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>6. CONDICIONES AMBIENTALES Y METEOROLÓGICAS .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>7. CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>9. OTROS LINEAMIENTOS.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>10. TITULO GENERAL 1.....</b>	<b>29</b>
<b>10.1. TITULO GENERAL 2.....</b>	<b>29</b>
<b>10.1.1. TITULO GENERAL 3.....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO 1.- TITULO ANEXO 1.....</b>	<b>31</b>

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		3 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

## 1. PURPOSE

The purpose of this document is to present results, criteria, calculations, assumptions, functional requirements and technical methodology used in arriving at the design for Dual Fuel Modification Package.

## 2. SCOPE


The scope of this document is to present all results obtained from mechanical and process calculation through proper development for design solutions related to systems, equipment package, equipment, instruments and devices required for the Dual Fuel Modification Package. To cover every aspect of the design, it will be used the same approach as described on the document AGM-02-0204-ESP-P-0004 by breakdown in three sections the engineering details to design, fabricate and install systems to support dual fuel operations. The Dual Modification Package can be broken out into three sections:

- Existing System on turbine that require modification.
- New systems that will be added to the turbine.
- Additional balance of plant equipment that will need to be support for dual fuel operations.

## 3. LOCATION

La Planta de Generación Juan Bautista Arismendi estará ubicada en la zona de El Guamache, municipio Tubores (ver Figura 1 y Figura 2), al lado oeste de la planta de Distribución de combustible El Guamache de PDVSA.


Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		4 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

**Figura 1.** Ubicación de la Nueva Planta de Generación Juan Bautista Arismendi



Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		5 de 31

	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

**Fig. 2.** Parcela de Ubicación de Nueva Planta de Generación Juan Bautista Arismendi




### 3.1. ÁREA Y UBICACIÓN

La parcela ocupará un área aproximada de 50 hectáreas, la cual forma un polígono de cuatro (04) lados, definidos por los siguientes puntos de coordenadas UTM - REGVEN:

Vértices de Linderos		
Punto	Norte	Este
220A	1.203.129,416	386.707,723
220B	1.203.060,674	387.201,966
221A	1.202.267,719	387.261,708
221B	1.202.232,067	386.775,330

Elevación Sobre El Nivel Del Mar (m.s.n.m.): 5 m.

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		6 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

#### 4. REFERENCES

AGM-02-0204-ESP-P-0004	Design basis
AGM-02-0204-PLA-P-0009	Flow and Process Diagram
AGM-02-0204-PLA-P-0048	Liquid Fuel System PID's
AGM-0204-PLA-G-0057	Plot Plan
GER-4211	Emissions Control
AGM-0204-PLA-P-0047	Water Injection Skid PID

#### 5. EXISTING SYSTEM ON TURBINE THAT REQUIRE MODIFICATION

To be completed

#### 6. NEW SYSTEMS THAT WILL BE ADDED TO THE TURBINE

To be completed


#### 7. ADDITIONAL BALANCE OF PLANT EQUIPMENT THAT WILL NEED TO BE SUPPORT FOR DUAL FUEL OPERATIONS.

##### 7.1. MECHANICAL CALCULATIONS – LIQUID FUEL FORWARDING (P-1002 A/S, P-1003 A/S)

##### 7.1.1. ASSUMPTIONS

- Pressure required at unit – 60psi (from AGM-02-0204-PLA-P-0048)

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		7 de 31

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

- Liquid Fuel Requirement at unit– 108gpm (from GER-4211)
- Total Liquid fuel pump capacity – 150gpm (from AGM-02-0204-PLA-P-0048)
- Lightoff fuel rate – 6.5gpm
- Piping, skid locations, elevations per AGM- 02-0204-PLA-G-0057 and supplied orthographic drawings
- Pump suction assumed to be flooded for sizing, as accurate NPSHA cannot be calculated from information supplied.
- Discharge losses calculated from skid losses, pipe run, and pipe fitting count only. Customer supplied valves not included.
- Design factor = 1.125

#### 7.1.2. CALCULATION FOR TURBINE DEMAND AT FULL LOAD

From GER 4211:

Typical base load distillate fuel – m = 13lb/s

$$\rho = 53.94 \text{ lb/ft}^3$$

$$SG = 53.94 \text{ lb/ft}^3 / 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$SG = .8644$$


$$13 \text{ lb/s} * 60 \text{ sec/min} / (8.33 \text{ lb/gal} * .8644) = \mathbf{108.32 \text{ gpm} \rightarrow}$$

#### CALCULATION OF VELOCITY IN 4" SUCTION ASSUMING MAXIMUM FLOW RATE: 150 GPM

$$Q = Av$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		8 de 31



	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

$Q = \text{Flow rate (ft}^3/\text{sec)}$

$A = \text{Average cross sectional area (ft}^2\text{)}$

$v = \text{Average velocity (ft/s)}$

$231 \text{ in}^3 = 1\text{gal}$

$(150 \text{ gpm} * 231 \text{ in}^3/\text{gpm}) = \pi \times 4^2/4 \times v$

$v = 2757 \text{ in / min}$  or **3.83 ft / sec**

Per AGM 02-0204-PLA-P-0009:

$\mu = .004\text{Pa-s}$

$.0209 \text{ (lb-s/ft}^2\text{)}/\text{Pa-s}$

$.004\text{Pa-s} * .0209 \text{ (lb-s/ft}^2\text{)} = \mathbf{8.36 \times 10^{-5} \text{ lb-sec/ft}^2}$

$\rho = 53.94 \text{ lb/ft}^3$


$SG = 53.94 \text{ lb/ft}^3 / 62.4 \text{ lb/ft}^3$

$SG = .8644$

$1\text{lb} = 0.03108 \text{ slugs}$

$53.94 \text{ lb/ft}^3 * .03108 \text{ lb/slug} = \mathbf{1.6765 \text{ slugs/ft}^3}$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		9 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

### Solving for on-skid suction losses:

Losses in Fittings

$$h_{fl} = K * v^2 / 2g$$

$h_{fl}$  = Friction Loss through obstruction

K = Friction coefficient (dimensionless)

g= acceleration due to gravity (ft/sec<sup>2</sup>)

v = velocity (ft/sec)


LF Suction Losses		
Description	qty	K
4" reg 90 ell	1	0.225
4" tee branch flow	1	0.7
4" butterfly valve	1	1.5
4"x3" reducer	1	0.25
basket strainer	1	1.1

K =	3.775
-----	-------

$$h_{fl1} = 3.775 * (3.832 \text{ ft/s})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$$

$$h_{LI1} = 0.295 \text{ ft Diesel} * 0.8644 = \mathbf{.86 \text{ ft Diesel}}$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		10 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

$h_{L2} \text{ skid} = 1.15 \text{ ft Diesel} * 0.8644 = \mathbf{0.743 \text{ ft H}_2\text{O}}$

$.743 \text{ ft} * .433 \text{ psi/ft} = \mathbf{0.322 \text{ psi}}$

Assuming 1 psi suction head (flooded suction):

$1 \text{ psi} + 0.322 \text{ psi} = \mathbf{1.322 \text{ psi suction required at inlet flange}}$

### 7.1.3. CALCULATION OF VELOCITY IN 3" DISCHARGE ASSUMING MAXIMUM FLOW RATE: 150 GPM

$Q = Av$

$Q = \text{Flow rate (ft}^3/\text{sec)}$

$A = \text{Average cross sectional area (ft}^2\text{)}$

$v = \text{Average velocity (ft/s)}$


$231 \text{ in}^3 = 1 \text{ gal}$

$(150 \text{ gpm} * 231 \text{ in}^3/\text{gpm}) = \pi * d^2/4 * v$

$v = 4902 \text{ in} / \text{min} \text{ or } \mathbf{3.83 \text{ ft} / \text{sec}}$

Reynolds Number Calculation:

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		11 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

$$NR = [3.83\text{ft/sec} \times 4 \text{ in}/12\text{in}/\text{ft} \times 1.6765 \text{ slugs}/\text{ft}^3] / 8.36 \times 10^{-5} \text{ lb-sec}/\text{ft}^3$$

$$NR = 25599$$

$$RR = (3/12)/1.5 \times 10^{-4} = 2222$$

$$\text{Moody's Diagram} \rightarrow f = \mathbf{0.025}$$

Head Loss Calculation:

$$h_L = f \times L/D \times v^2 / 2g$$

Where:

$h_L$  = Head loss in straight pipe (ft)

$L$  = Length (ft)

$D$  = Diameter (ft)

$f$  = Friction Factor (dimensionless)


$v$  = Average Velocity (ft/s)

$$h_{Lf} = 0.025 \times [100 \text{ ft}/(4/12)] \times [(3.83 \text{ ft/sec})^2 / (2 \times 32.2 \text{ ft} / \text{sec}^2)]$$

$$h_{Lf} = 1.71 \text{ ft diesel} / 100 \text{ ft}$$

$$h_{Lf} = 1.71 \text{ ft diesel} / 100 \text{ ft} \times 0.8644 = \mathbf{1.48 \text{ ft H}_2\text{O}/100\text{ft}}$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		12 de 31

	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

Pipe Runs		
	Suction	Discharge
Unit 1	(ft)	(ft)
Liquid Fuel	228	1546
Demin Water	33	1102
Unit 2		
Liquid Fuel	367	1493
Demin Water	22	1117

Pipe Run = 1546'

$h_{Lf} = 1546 \text{ ft} / 100 \text{ ft} \times 1.48 \text{ ft H}_2\text{O} / 100 \text{ ft} = \mathbf{22.82 \text{ ft H}_2\text{O}}$

Losses in Fittings:

$$h_{fL} = K * v^2 / 2g$$


$h_{fL}$  = Friction Loss through obstruction

K = Friction coefficient (dimensionless)

g= acceleration due to gravity (ft/sec<sup>2</sup>)

v = velocity (ft/sec)

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		13 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

LF Discharge Losses - 4"		
Description	qty	K
4" Ball Valve	3	0.06
4" gate valve	2	0.15
4" reg 90 ell	21	0.225

K =	5.205
-----	-------

$$h_{LI} = 5.205 * (3.83 \text{ ft/s})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$$

$$h_{LI} = 1.09 \text{ ft Diesel} * 0.8644 = \mathbf{1.02 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

LF Discharge Losses - 3"		
Description	qty	K
2x3 reducer	1	0.05
3" branch flow	1	0.7


K =	0.75
-----	------

$$h_{LI} = 0.75 * (6.81 \text{ ft/s})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$$

$$h_{LI} = 0.54 \text{ ft Diesel} * 0.8644 = \mathbf{0.47 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

LF Discharge Losses - 2"		
Description	qty	K
2 x 1.5 reducer	1	0.05
2" ball valve	1	0.07

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		14 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

2" 90 ell	1	0.37
2" check	1	2

K =	2.49
-----	------

$$h_{LI} = .75 * (15.32 \text{ ft/s})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$$

$$h_{LI} = 9.07 \text{ ft Diesel} * 0.8644 = \mathbf{7.84 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

$$h_L = h_{Lf} + h_{LI} \dots$$

$$h_L = 22.82 \text{ ft H}_2\text{O} + 1.02 \text{ ft H}_2\text{O} + 0.47 \text{ ft H}_2\text{O} + 7.84 \text{ ft H}_2\text{O}$$

$$h_L = \mathbf{32.16 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

Calculation for total losses:

Turbine Elevation: 7.44M + .25m

Liquid Fuel Elevation: 5.3M


$$\text{Difference in Elevation: } 2.39\text{M} = 7.83 \text{ ft diesel} * 0.8644 = \mathbf{6.77 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

Pressure required at Unit: 60 psi

$$+ 138.56 \text{ ft H}_2\text{O} - \text{Pressure at unit}$$

$$+ 6.77 \text{ ft H}_2\text{O} - \text{Elevation}$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		15 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

+32.16 ft H2O – Friction losses

-0 – NPSHA


Required differential – 177.5 ft H2O = 76.86 psi

Design Pressure = Req. Differential \* 1.125 = **86.47 psi**

Liquid Fuel Forwarding Pump Requirements vs. Turbine Demand				
		Pressure Required at Unit		Estimated Bypass Flow to Tank
	Fuel Req at Unit		Pump Pressure	
	gpm / [m <sup>3</sup> /h]	psi / [kPa]	(psi / [kPa])	(gpm / m <sup>3</sup> /h)
<b>Startup/Trip</b>	0 / [0]	60 / [413]	87 / [600]	150 / [34.1]
<b>Light off</b>	6.5 / [1.48]	60 / [413]	87 / [600]	143.5 / [32.62]
<b>Increasing load</b>	6.5-108 / [1.48-24.5]	60 / [413]	87 / [600]	143.5 - 42 / [32.62 - 9.6]
<b>Full Speed Full load</b>	108 / [24.5]	60 / [413]	87 / [600]	42 / [9.6]


Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		16 de 31



 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

Liquid Fuel Forwarding Summary		
ρ =	53.94 lb/ft <sup>3</sup>	
μ =	8.36E-05 lb-sec/ft <sup>2</sup>	
Max Turbine Demand		108 gpm
Forwarding Rate		150 gpm
Pressure required at Unit		60 psi
Total Losses		84.83 ft
Required Differential		76.86 psi
Design Differential		86.47 psi

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		17 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

## 7.2. MECHANICAL CALCULATIONS – DEMINERALIZED WATER FORWARDING (P-0403A/S, P-0404 A/S)

### 7.2.1. ASSUMPTIONS

- Pressure required at unit – 40psi (from AGM-02-0204-PLA-P-0047)
- Demineralized water max rate – Sufficient to abate NOx emissions within operational range of 42-150 ppm.
- Lightoff demineralized water rate – 0gpm
- Piping, skid locations, elevations per AGM- 02-0204-PLA-G-0057 and supplied orthographic drawings.
- Pump suction assumed to be flooded for sizing, as accurate NPSHA cannot be calculated from information supplied.
- Discharge losses calculated from skid losses, pipe run, and pipe fitting count only. Customer supplied valves not included.
- Design factor = 1.125

## 7.3. CALCULATIONS FOR PUMP / MOTOR SPECIFICATIONS


From Liquid Fuel Calculations:

Typical base load distillate fuel – 13lb/s → **108.32gpm**

From GER4211:

Maximum baseload water to fuel mass ratio – 1:1

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		18 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

$$Q_{\text{fuel}} * m_{\text{fuel}} = Q_{\text{water}} * m_{\text{water}}$$

$$108.32\text{gpm} * 8.33 \text{ lb/gal} * .8644 = Q_{\text{water}} * 8.33 \text{ lb/gal}$$

$$Q_{\text{water}} = 93.63 \text{ gal/min}$$

#### 7.4. CALCULATION OF VELOCITY IN 4" SUCTION ASSUMING MAXIMUM FLOW RATE: 230 GPM

$$Q = Av$$

$$Q = \text{Flow rate (ft}^3/\text{sec)}$$

$$A = \text{Average cross sectional area (ft}^2\text{)}$$

$$v = \text{Average velocity (ft/s)}$$

$$231 \text{ in}^3 = 1\text{gal}$$

$$(230 \text{ gpm} * 231 \text{ in}^3/\text{gpm}) = \pi * 4^2/4 * v$$

$$v = 4228 \text{ in / min or } 5.87 \text{ ft / sec} \rightarrow \text{Need review of suction piping sizing}$$


AGM-02-0204-PLA-P-0009:

$$\mu = .000851 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$.0209 \text{ (lb}\cdot\text{s/ft}^2\text{)}/\text{Pa}\cdot\text{s}$$

$$.000851\text{Pa}\cdot\text{s} * .0209 \text{ (lb}\cdot\text{s/ft}^2\text{)} = 1.7786 \times 10^{-5} \text{ lb}\cdot\text{sec/ft}^2$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		19 de 31

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

$$1\text{lb} = 0.03108 \text{ slugs}$$

$$62.8 \text{ lb/ft}^3 * .03108 \text{ lb/slug} = \mathbf{1.95 \text{ slugs/ft}^3}$$

Demineralized Water Forwarding – Skid Suction Losses

$$Q = Av$$

$$Q = \text{Flow rate (ft}^3\text{/sec)}$$

$$A = \text{Average cross sectional area (ft}^2\text{)}$$


$$v = \text{Average velocity (ft/s)}$$

$$231 \text{ in}^3 = 1\text{gpm}$$

$$(115 \text{ gpm} * 231 \text{ in}^3\text{/gpm}) = \pi \times 3^2/4 \times v$$

$$v = 3758 \text{ in / min or } \mathbf{5.21 \text{ ft / sec}}$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		20 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

Description	qty	K
3" tee - branch	1	0.7
3" ball valve	1	0.07
3" 90 ell	1	0.325
3" butterfly	1	1.5
3"x1.5" reducer	1	0.5
Total K		3.095

K= 3.095

$h_{LI} skid = 3.095 * (5.21 \text{ feet/sec})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$

$h_{LI} skid = \mathbf{1.30 \text{ ft H2O}}$

$1.3 \text{ ft H2O} * .433 \text{ psi/ft} = 0.5629 \text{ psi}$

Assuming 1 psi suction head (flooded suction):

$1\text{psi} + 0.563 \text{ psi} = \mathbf{1.563 \text{ psi suction required at inlet flange}}$


#### 7.5. CALCULATION OF VELOCITY IN 3" DISCHARGE ASSUMING MAXIMUM FLOW RATE: 115 GPM

From above:

$v = 5.21 \text{ ft/s}$

$\mu = 1.7786 \times 10^{-5} \text{ lb-sec/ft}^2$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		21 de 31

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

Reynolds Number Calculation:

$$NR = (vD\rho)/\mu$$

Where:

NR = Reynolds Number

v = Average Velocity (ft/s)

$\rho$  = Density (lb / ft<sup>3</sup>)

$\mu$  = Dynamic Viscosity (lb-sec/ft<sup>2</sup>)

$$NR = [5.21 \text{ ft/sec} \times 3 \text{ in} / 12 \text{ in/ft} \times 1.95 \text{ Slugs/ft}^3] / 1.7786 \times 10^{-5} \text{ lb-sec/ft}^2$$

$$NR = 142,801$$

$$RR = (3 \text{ in} / 12 \text{ in/ft}) / 1.5 \times 10^{-4} = 1666 \rightarrow \text{Moody's Diagram}$$


$$f = 0.0215$$

Head Loss Calculation:

$$h_L = f \times L/D \times v^2 / 2g$$

Where:

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		22 de 31

	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

$h_L$  = Head loss in straight pipe (ft)

$L$  = Length (ft)

$D$  = Diameter (ft)

$f$  = Friction Factor (dimensionless)

$v$  = Average Velocity (ft/s)

$$h_{Lf} = 0.0215 \times [100 \text{ ft}/(3/12)] \times [(5.21 \text{ ft/sec})^2 / (2 \times 32.2 \text{ ft/sec}^2)]$$


$$h_{Lf} = \mathbf{3.64 \text{ ft H}_2\text{O} / 100 \text{ ft}}$$

Pipe Runs		
	Suction (ft)	Discharge (ft)
Unit 1		
Liquid Fuel	228	1546
Demin Water	33	1102
Unit 2		
Liquid Fuel	367	1493
Demin Water	22	1116

Pipe run = 1116 feet

$$h_{Lf} = 1116 \text{ ft} / 100 \text{ ft} \times 3.64 \text{ ft H}_2\text{O} / 100 \text{ ft} = \mathbf{40.60 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		23 de 31

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

Losses in Fittings

$$h_{fl} = K * v^2 / 2g$$

$h_{fl}$  = Friction Loss through obstruction

K = Friction coefficient (dimensionless)

g= acceleration due to gravity (ft/sec<sup>2</sup>)

v = velocity (ft/sec)


Demin Water Forwarding - 3"		
Description	qty	K
3" tee - branch	1	0.7
3" ball valve	3	0.07
3" gate valve	1	0.2
3" 90 ell	18	0.325
Total K		6.76

$$h_{fl} = 6.76 * (5.21 \text{ ft/s})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$$

$$h_{fl} = \mathbf{2.86 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		24 de 31



	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

Demin Water Forwarding - 2"		
Description	qty	K
2x3 reducer	1	0.05
1x2 reducer	1	0.05

K =	0.1
-----	-----

$$(115 \text{ gpm} * 231 \text{ in}^3/\text{gpm}) = \pi \times 2^2/4 \times v$$

$$v = 8453 \text{ in} / \text{min} \text{ or } \mathbf{11.74 \text{ ft} / \text{sec}}$$

$$h_{fl} = 0.1 * (11.74 \text{ ft/s})^2 / (2 * 32.2 \text{ ft/s}^2)$$

$$h_{LI} = \mathbf{0.214 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

$$h_L = h_{Lf} + h_{LI}...$$


$$h_L = 38.61 \text{ ft H}_2\text{O} + 2.86 \text{ ft H}_2\text{O} + 0.214 \text{ ft H}_2\text{O}$$

$$h_L = \mathbf{43.68 \text{ ft H}_2\text{O}}$$

Calculation for total losses:

Turbine Elevation: 7.44m + .25m

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		25 de 31

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

Demineralized Water Elevation: 6m

Difference in Elevation: 1.69m = 5.54 ft H<sub>2</sub>O

Pressure required at Unit: 40 psi

+ 92.38 ft H<sub>2</sub>O – Pressure at unit

+ 5.54 ft H<sub>2</sub>O - Elevation


+43.68 ft H<sub>2</sub>O – Friction losses

-0 – NPSHA

Required differential – 141.6 ft H<sub>2</sub>O = 61.31 psi

Design Pressure = Req. Differential \* 1.125 = **68.98 psi**


Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		26 de 31

 <b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA	AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)	LOGO CONTRATISTA
SUBPROYECTO		
TÍTULO DEL DOCUMENTO		


Demineralized Water Forwarding Pump Requirements vs. Turbine Demand				
		Pressure Req. at WI Skid		Estimated Bypass Flow
	Demin Req at Unit		Pump Pressure	
	(gpm / m <sup>3</sup> /h)	(psi/kPa)	(psi/kPa)	(gpm / m <sup>3</sup> /h)
Startup/Trip	0 / [0]	40 / [275.8]	69 / [475]	115 / [26.1]
Light off	0 / [0]	40 / [275.8]	69 / [475]	100 / [22.7]
Full speed, increasing load	0-max / [3.41-max]	40 / [275.8]	69 / [475]	100 - 0 / [22.7 - 0]
Specified Max Rate	50 / [11.4]	40 / [275.8]	69 / [475]	70 / [15.9]
Full Speed Full load	105 / [23.8]	40 / [275.8]	69 / [475]	0 / [0]

Demineralized Water Forwarding Summary	
ρ =	62.8 lb/ft <sup>3</sup>
μ =	1.78E-05 lb-sec/ft <sup>2</sup>
Max Turbine Demand	94 gpm
Forwarding Rate	115 gpm
Pressure required at Unit	40 psi
Total Losses	43.68 ft
Required Differential	61.31 psi
Design Differential	68.98 psi

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		27 de 31

 <p><b>CORPOELEC</b> EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</p>	<p>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</p>	<p>LOGO CONTRATISTA</p>
<p>SUBPROYECTO</p>		
<p>TÍTULO DEL DOCUMENTO</p>		

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		28 de 31

	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

## 8. GENERAL 1

Texto GENERAL 1

- a. Caso 1
- b. Caso 2
- c. Caso 3
- Viñeta GENERAL 1
  - Viñeta Indentada 1
  - Viñeta Indentada 2

### 8.1. TITULO GENERAL 2

Texto GENERAL 1


- a. Caso 1
- b. Caso 2
- c. Caso 3
- Viñeta GENERAL 1
  - Viñeta Indentada 1
  - Viñeta Indentada 2

#### 8.1.1. TITULO GENERAL 3

Texto GENERAL 1

- a. Caso 1
- b. Caso 2
- c. Caso 3

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		29 de 31

	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		


- Viñeta GENERAL 1
  - Viñeta Indentada 1
    - Viñeta Indentada 2

#### 8.1.1.1. TITULO GENERAL 4

Texto GENERAL 1

- a. Caso 1
- b. Caso 2
- c. Caso 3
- Viñeta GENERAL 1
  - Viñeta Indentada 1
    - Viñeta Indentada 2

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		30 de 31

 <b>CORPOELEC</b> <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>	<b>AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD EN LA ISLA DE MARGARITA (AGM)</b>	<b>LOGO CONTRATISTA</b>
<b>SUBPROYECTO</b>		
<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>		

## ANEXO 1.- TITULO ANEXO 1

Fecha	Preparado por	Revisión	Código del Documento (CORPOELEC)	Código del Documento (CONTRATISTA)	Página
dd/mm/11	CONTRATISTA	X	AGM-XX-XXXX-XXX-X-XXXX		31 de 31