



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**DESARROLLO DE UN PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR
DIGITAL DGC -2020 DE LA MARCA BASLER ELECTRIC EN EL
LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL II**

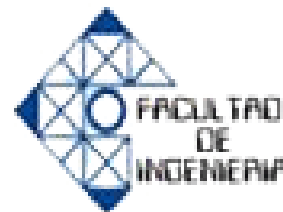
Tutor:
Prof. Luis Llave

Autor:
Luis Gasbarri

Valencia, Noviembre de 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**DESARROLLO DE UN PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR
DIGITAL DGC -2020 DE LA MARCA BASLER ELECTRIC EN EL
LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL II**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE
CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

Tutor:
Prof. Luis Llave

Autor:
Luis Gasbarri

Valencia, Noviembre de 2011



Dedicatoria

Este trabajo de grado va dedicado a aquellas personas que creen que no van a poder lograr algo, triunfar en una etapa de su vida o tal vez en una meta, con la ayuda de Dios todo es posible.

Ya te lo he ordenado: ¡Sé fuerte y valiente! ¡No tengas miedo ni te desanimes! Porque el Señor tu Dios te acompañará dondequiera que vayas.
Josué 1:9



Agradecimientos

En primer lugar a mi padre Dios de los ejércitos, Dios de paz, por darme a conocer, por haberme creado con sus manos, por llenarme cada día de paz, amor, paciencia, porque su presencia no tiene precio. Y al C.E Vida nueva, a los pastores, ancianos y a mis hermanos por enseñarme tantas cosas y por sobretodo que existe un único Dios vivo que estará gobernando hasta el fin.

Gracias a Dios por mi hermano MAURO y al señor FERNANDO por ayudarme con profundo deseo de servir y hasta el fin, sé que podré contar con ellos. Igualmente mi amada madre Estella por ser consejera, ayudadora y fiel servidora, gracias por todo, Dios les bendiga aún más.

Gracias a Dios por mi novia tato por la ayuda que Dios ha colocado ahora en mi vida, gracias por la ayuda brindada, los ánimos en tiempos de angustia y los consejos que tomaré en cuenta cada vez que sea posible. TQM, Dios te siga usando y bendiciendo.

Gracias a Dios por los tutores Luis Llave y Luis Betancourt. Por brindarme su ayuda y aporte de conocimientos, aprendí mucho con ustedes, Dios les bendiga y los llene en abundancia de su presencia.

Gracias a Dios por mi abuela, sin su ayuda no habría de haber logrado algo, eres una mujer con el corazón de Cristo, noble, que no duda en dar ni por un segundo, mil gracias Dios te bendiga abuela tú también estas en la promesa. TQM.

Gracias a Dios por mis compañeros de estudio Carlos, Dan, Garay, Gordita, Rosa, Mario, pasamos ratos juntos agradables y estudiando. Les tengo presente en mi corazón Dios les bendiga.



Índice General

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Índice General.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de tablas.....	xi
Introducción.....	xii
Resumen.....	xiv

CAPITULO I. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
3.1.1 Objetivo General.....	3
3.1.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance.....	4

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Marco Conceptual.....	8
2.2.1 Grupo Electrógeno.....	8
2.2.1.1 Variables de un Grupo Electrógeno.....	9
2.2.1.2 1 Variables de control un Grupo Electrógeno.....	9
2.2.2 Controlador Lógicos Programables.....	10
2.2.2.1 Tipos de Controladores.....	10
2.2.3 Controlador digital DGC-2020.....	11
2.2.3.1 Características del controlador digital DGC-2020.....	11
2.2.3.2 Ajustes Generales.....	12
2.2.3.3 Funcionamiento como Transfer (Fallo de Red)	12
2.2.3.4 Numero de Estilo.....	13



2.2.3.5 Diagrama de Conexión de forma monofásica entre fases A y B.....	14
2.2.3.6 Configuración de transmisores de presión de aceite, temperatura de refrigerante y nivel de combustible del motor-generator con el software BESTCOMSPlus.....	15
2.2.4 Software de programación BESTCOMSPlus.....	17
2.2.4.1 Funciones programables.....	18
2.2.4.2 Activación del programa BESTCOMSPlus.....	19
2.2.4.3 Temporizadores de excitación y de pérdidas de señal.....	19
2.2.4.4 Programación en BESTLogicPlus.....	20
2.2.4.5 Detección de la condición del Bus.....	22
2.2.4.6 Detección de la condición de tensiones del generador.....	23
2.2.4.7 Visualización de alarmas, prealarmas y fallo del transmisor.....	24
2.2.4.8 Configuración de Alarmas, Prealarmas.....	25
2.2.4.9 Configuración del transmisor.....	26
2.2.4.10 Comunicaciones del DGC-2020.....	27
2.2.4.11 Configuración de las entradas del controlador.....	28
2.2.4.12 Utilización de los breakers o disyuntores.....	28
 CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo de investigación.....	30
3.2 Metodología de la investigación.....	30
 CAPITULO IV. MARCO OPERACIONAL	
4.1 fases de desarrollo.....	34
4.1.1 Fase N° 1: Estudio y manejo del software de programación BESTCOMSPlus y del controlador digital programable DGC-2020.....	34
4.1.1.1 Estudio del Controlador digital DGC-2020.....	34
4.1.1.1.1 Estructura de la conexión de la tensión de entrada al dgc-2020.....	36
4.1.1.1.2 Estructura de la conexión de la tensión de los contactos de entrada.....	38



4.1.1.1.3 Estructura de la conexión de la tensión de los contactos de Salida.....	39
4.1.1.1.4 contactos de salidas del DGC-2020 hacia el motor.....	40
4.1.1.1.5 Dispositivos externos de complemento al DGC-2020.....	41
4.1.1.2 Estudio del software BESTCOMSPlus versión 2.07.01.....	42
4.1.1.2.1 Programación de la entradas por contacto.....	44
4.1.1.2.2 Programación de las salidas por contacto.....	45
4.1.1.2.2 Parámetros del sistema.....	45
4.1.2 Fase N° 2: Selección de los componentes eléctricos y electrónicos a utilizar en el panel.....	46
4.1.3 Fase N° 3: Diseño del panel de simulación frontal y trasero.....	52
4.1.4 Fase N° 4: Construcción formal del panel de simulación.....	58
4.1.5 Fase N° 5: Programación y puesta en marcha del panel de simulación.....	63
4.1.6 Fase N° 6: Elaboración de las prácticas para el laboratorio de automatización industrial II.....	67

CAPITULO V. DESARROLLO DE PRACTICAS DE LABORATORIO

5.1 Práctica de Laboratorio #1: Funciones Básicas del DGC-2020.....	75
5.2. Práctica de Laboratorio #2: Aplicación sencilla usando el DGC-2020.....	76
5.3. Práctica de Laboratorio #3 Automatización un proceso sencillo.....	77
5.3. Práctica de Laboratorio #4: Función de transfer del DGC-2020.....	78
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	80
Bibliografía.....	81
Apéndice A: Resumen del DGC-2020 (manual de usuario).....	82
Apéndice B: Imágenes del panel de simulación para el DGC-2020.....	89
Apéndice C: Costos de elaboración para el panel de simulación.....	95



Índice de Figuras

Figura 2.1 Imagen de grupo electrógeno.....	8
Figura 2.2 Numero de estilo del DGC-2020.....	13
Figura 2.3 Diagrama de conexión monofásico Fases (A, B).....	14
Figura 2.4 Configuración de transmisor de temperatura de refrigerante.....	16
Figura 2.5 Componentes Típicos de la Interfaz de Usuario.....	17
Figura 2.6 Forma de onda de activación de temporizador de excitación.....	19
Figura 2.7 Forma de onda de activación de temporizador de pérdida de señal.....	20
Figura 2.8 a) Compuertas lógicas y temporizadores b) Entrada física, lógica, virtual y botón de panel; salida física.....	21
Figura 2.9 Configuración de detección de bus	22
Figura 2.10 Configuración de detección de generador.....	23
Figura 2.11 Visualización de alarmas, prealarmas y fallo del transmisor.....	24
Figura 2.12 Configuración de Alarmas, Prealarmas.....	25
Figura 2.13 Curvas de configuración del transmisor ascendente y descendente.....	26
Figura 4.1 Reconexión de la energía eléctrica por motor-Generador, cuando ésta falla.....	33
Figura 4.2. a) Imagen posterior del controlador digital DGC-2020 b) Imagen lateral de controlador digital DGC-2020 c) Imagen frontal del controlador digital DGC- 2020.....	34
Figura 4.3 Numero de Estilo del DGC-2002.....	35
Figura 4.4 Esquema de conexión a la entrada del DGC-2020.....	36
Figura 4.5 Diagrama de conexión practico de alimentación al DGC-2020.....	37
Figura 4.6 Diagrama de conexión de las entradas. A) Forma esquemática. B) Forma física.....	38
Figura 4.7 Diagrama de conexión de las salidas digitales. A) Forma esquemática. B) Forma física.....	39
Figura 4.8 Diagrama de conexión de las salidas Pre, Start, Run.....	40
Figura 4.9 Imagen inicial del Software BESTCOMSPlus.....	42
Figura 4.10 Activación del Software BESTCOMSPlus con una PC, por primera vez..	43



Figura 4.11 a) Breakers de conexión a la carga y luego de la carga b) Programación de entradas y salidas de los breakers GENBRK y MAINSBRK.....	44
Figura 4.12 Accionamiento de salidas digitales por tres formas distintas.....	45
Figura 4.13 Configuración del sistema.....	46
Figura 4.14 Botón pulsador a) NO normalmente abierto b) NC normalmente cerrado c) Imagen posterior de los pulsadores.....	49
Figura 4.15 Relé de 110Vac-5A a) Interruptor para activación de relé b) Base de relé vista desde arriba c) Conexiones eléctricas para los contactos.....	50
Figura 4.16 Luz piloto 24 Vdc a) Luz piloto roja b) Luz piloto verde.....	50
Figura 4.17 Potenciómetro de 1 W a) Potenciómetro de 500 ohm b) Perilla para el potenciómetro.....	51
Figura 4.18 Transformadores 120Vac/24Vac- 3 Amp.....	52
Figura 4.19 Plano eléctrico aprobado por la empresa IREMCA.....	53
Figura 4.20 Plano mecánico o físico aprobado por la empresa IREMCA, vistas frontal, laterales y de frente.....	54
Figura 4.21 Diseño de la estructura del panel de simulación.....	55
Figura 4.22 Diseño físico del panel frontal.....	56
Figura 4.23 Estructura de madera del panel frontal.....	58
Figura 4.24 Orificios realizados con dos mechas sierra copa.....	59
Figura 4.25 Orificios a medida en la madera del panel frontal.....	60
Figura 4.26 Colocación del papel autoadhesivo en la madera del panel frontal.....	61
Figura 4.27 Ubicación de los elementos y cableando	62
Figura 4.28 Diagrama de flujo correspondiente al programa de prueba	64
Figura 4.29 Programación correspondiente a la simulación de prueba	65
Figura 4.30 Programación opcional correspondiente a la simulación de prueba	66
Figura 4.31 Banco de control de procesos.....	67
Figura 4.32 Conexión de las entradas y salidas con el DGC-2020.....	68
Figura 4.33 Interconexión de los dos bancos de procesos.....	69
Figura 4.34 Programación del programa a prueba #2 en el software BESTCOMPSPlus	70
Figura 4.35 Plano Eléctrico de la conexión de los dos bancos.....	71



Índice de Tablas

Tabla 2.1	Recomendaciones del sistema para instalación del software BESTCOMSPPlus.....	20
Tabla 2.2	Recomendaciones del sistema para instalación de BESTCOMSPPlus.....	22
Tabla 4.1	Materiales escogidos para la simulación	50



Introducción

El principal objetivo del proyecto de grado es el desarrollo de un panel de simulación para el controlador digital de grupos electrógenos DGC-2020, el cual se llevara a cabo siguiendo ciertos lineamientos; el cual debe monitorear la tensión de la red hasta que no halla tensión y poder encender un grupo electrógeno con la finalidad de reponer la energía perdida.

Mediante el panel de simulación, los estudiantes, tendrán conocimientos de que la automatización no solo controla equipos de baja tensión o mediana potencia, sino que también está bastante unida con el área de potencia, como por ejemplo el monitoreo de grupos electrógenos.

En el siguiente proyecto de grado se realizan cinco capítulos presentados en resumen a continuación:

- **Capítulo I.** Están enmarcadas las situaciones, razones y explicaciones del porque puede implementarse el panel de simulación para el controlador digital DGC-2020 de la marca Basler Electric, en el laboratorio de automatización industrial II de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Carabobo. Además de esto, los objetivos específicos para cumplir el objetivo general y el alcance.
- **Capítulo II.** Incluyen antecedentes o trabajos pasados que tienen cierta similitud con el presente proyecto, una breve descripción de cada una de ellas y la influencia sobre este trabajo de grado.
- **Capítulo III.** Contiene el tipo o clasificación de la investigación y la metodología o la serie de pasos que se realizaran para llegar a cumplir los objetivos del presente proyecto de grado.



➤ **Capítulo IV.** En él se tienen los seguimientos de los pasos que se realizaron en el capítulo III, con el cual se desarrolla el panel de simulación, las descripciones de cómo se realizó, se explican en este capítulo.

➤ **Capítulo V.** Están la elaboración de las prácticas de laboratorio, las cuales son tres en total, diseñadas especialmente para el DGC-2020 y el panel de simulación.

Al final se encuentran las conclusiones generales y recomendaciones sobre el trabajo de grado y apéndices que incluyen tomas de fotografías del panel.



DESARROLLO DE UN PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC -2020 DE LA MARCA BASLER ELECTRIC EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL II

Autor:

Luis Gasbarri

Año: 2011**Instituto:** Universidad de Carabobo**Tutor:**

Prof. Luis Llave

Resumen

El laboratorio de automatización industrial de la facultad de ingeniería en la Universidad de Carabobo, imparte en sus cátedras sobre la automatización industrial, la cual abarca muchísimas áreas y equipos, sin embargo, en el laboratorio, los equipos son limitados en gran parte por situaciones económicas y espacio físico, es por ellos que se presenta una propuesta al laboratorio, de un equipo innovador el cual trabaja con motor generadores o grupos electrógenos, en su control, supervisión y puesta en marcha.

En el siguiente proyecto de grado se pretende desarrollar un panel de simulación usando el autómata programable DGC-2020 de la marca BASLER ELECTRIC, por lo cual se dispone del equipo prestado por la empresa IREMCA y se desarrollarán prácticas de laboratorio basados en el funcionamiento del controlador, entre algunas de ellas se encuentran: reposición de la energía eléctrica cuando ocurre una falla en la red, supervisor y control de un motor-generator, entre otras. Todo esto con la finalidad de que en un futuro exista la posibilidad de implementarlo en el laboratorio de la asignatura Automatización Industrial II de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Carabobo.



Palabras Claves:

- Control
- Grupo electrógeno
- DGC-2020
- Automatización Industrial
- Energía Eléctrica



Capítulo I

El Problema

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En lo últimos años con la innovación tecnológica, el sector industrial ha requerido de la utilización de sistemas automatizados con la finalidad de optimizar su producción y monitorear de forma eficaz y continua el estado de sus equipos. Por tal motivo, la Universidad de Carabobo como ente académico, nos brinda el soporte tecnológico para simular los diferentes procesos de fabricación que se llevarían a cabo dentro de una industria. A estos efectos, en el Departamento de Sistemas y Automática de la Escuela de Ingeniería Eléctrica se imparten las materias Automatización Industrial I y Automatización Industrial II, las cuales, disponen cada una de un laboratorio donde se le permite al estudiante realizar simulaciones y prácticas basadas en ciertos procesos industriales.

Desde una perspectiva en general, los sistemas automatizados cumplen un rol importante por la amplia gama de funciones que se llegan a implementar. Sin embargo, existen procesos industriales que no se toman en cuenta en dichos laboratorios como por ejemplo el arranque suave de un motor-generador, o el uso de controladores digitales programables para monitorear, proteger y sensar un equipo en particular. Esto debido, al alto costo que tienen estos dispositivos y a la disponibilidad de equipos e instrumentos digitales que presentan los laboratorios actualmente. Esto trae como consecuencia, que no se puedan desarrollar prácticas de laboratorio usando controladores digitales programables, los cuales, son de uso elemental en la mayoría de las empresas.

A tal efecto, el proyecto a realizar, está basado en el dispositivo DGC-2020 Controlador Digital del fabricante Basler Electric, utilizado para el arranque de motores-generadores cuando falla el suministro eléctrico. Este controlador es capaz de ejecutar una gran variedad de funciones aplicadas a un motor- generador.



En base a este controlador, se desarrollará un panel de control en donde se observe el proceso de arranque de un motor-generador, así como también, de forma computarizada, programar el equipo para que realice diferentes tareas, esto con la finalidad de que los estudiantes puedan desarrollar prácticas en el laboratorio basadas en el diseño que se desea construir.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El departamento de Sistemas y Automática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, específicamente en la cátedra de Automatización Industrial se enfoca en el área de los procesos industriales, además de dar conocimiento sobre los distintos tipos de sensores, actuadores, así como el uso de autómatas programables e interfaces hombre-máquina (HMI). Sin embargo, no se aborda el tema de sistemas de potencia (como la reconexión hacia una carga cuando existe una falla en la red eléctrica) ni tampoco la regulación de la velocidad control de un motor.

El presente proyecto de grado pretende enlazar mediante simulaciones las diferentes áreas de la Ingeniería Eléctrica, como lo son: electrónica de potencia, que hace uso del control de la velocidad de motores, así como, la reconexión de una carga cuando existe una falla, sin dejar de lado los procesos de automatización.

Lo importante de esto es que el estudiante tendría en cuenta que en las empresas se podría encontrar diferentes situaciones que tal vez no sean del interés específico de su carrera y que la Ingeniería Eléctrica es la unión de distintas ramas y además la automatización de un proceso está íntimamente relacionada con el área de potencia.

De tal manera el controlador digital programable DGC-2020 que se dispone es capaz de enlazar todos estos temas por su diseño y características de construcción, permite la reconexión de la red de un sistema eléctrico hacia una carga específica, el control de velocidad de un motor, así como también sensor variables analógicas



como temperatura del motor, nivel de aceite y ejecutar funciones específicas tal cual un autómatas programable.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un panel de simulación para el controlador digital DGC- 2020 de la marca Basler Electric.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el funcionamiento del Controlador Lógico Programable DGC 20-20, así como el software de programación BESTCOMSPlus con la información suministrada por el fabricante y recopilaciones bibliográficas relacionadas, con la finalidad de facilitar su implementación.
- Diseñar un panel de simulación donde se encuentren el autómatas programable DGC-2020 y todos los dispositivos eléctricos y electrónicos a utilizar, tomando en cuenta las dimensiones del laboratorio, de forma que sea de fácil integración para la realización de montajes prácticos.
- Implementar un módulo de simulación que permita la realización de procesos de automatización sencillos, para que el usuario logre observar y controlar el sistema desde el computador y el controlador digital DGC-2020.
- Elaborar prácticas de laboratorio donde puedan simularse procesos de automatización industrial y así corroborar las distintas funciones del autómatas programable.



1.4 ALCANCE

En la construcción del panel de simulación y el arranque del dispositivo DGC-2020, se llevará a cabo sólo la programación y diseño funcional completo del sistema, en sus diferentes etapas, de tal manera, que al ser un sistema fácil de manipular y que tenga por utilidad realizar estudios con diferentes dispositivos, así como también desarrollar prácticas de laboratorio donde se ejecute y visualice efectivamente el proceso del sistema en forma global.

Para la implementación del panel se colocarán todas las entradas y salidas directamente al controlador digital programable DGC-2020 con el fin de simular el proceso del arranque de un motor-generador cuando ocurra una falla en la red de suministro de energía eléctrica, y por otro lado, controlar la velocidad del motor-generador. Además, se podrá efectuar el monitoreo del sistema por medio de un modem de acceso telefónico que permitirá el control remoto del controlador DGC-2020, partiendo de un puerto de comunicación (RS-485) a través de un protocolo de comunicación modbus



Capítulo II

Marco Teórico

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los antecedentes que se exponen en este trabajo sirven de base para su desarrollo tanto por su contenido como por su metodología.

➤ Amaya, Miguelangel C. (2008) en su trabajo titulado, ***“Desarrollo de un control supervisorio vía internet para el prototipo del ascensor y la línea de mecanizado del laboratorio de automatización industrial II de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo”***. Aplicado como proyecto factible, tuvo como objetivo desarrollar un método supervisorio vía internet para el prototipo de ascensor y línea de mecanizado, los cuales se encuentran ubicados en el laboratorio de Automatización Industrial II. Tal prototipo contiene una serie de sensores y pulsadores para su funcionamiento basándose en programas de control que van a ser interpretados por el equipo Opto22, el cual permite establecer la comunicación vía internet, a través de los protocolos modbus TCI/IP. La contribución de este proyecto es dada por el uso de un protocolo comunicacional modbus, el cual crea un interfaz de comunicación entre el sistema automatizado que se diseña y el controlador a usar.

➤ Mezones Mayreth, E. (2006). En su trabajo, ***“Desarrollo de un sistema de control supervisorio para las estaciones de trabajo del lanzador de dados y la línea de mecanizado y estampado de piezas”***. En su modalidad de proyecto factible, desarrollaron una programación para el dispositivo PLC, con la finalidad de realizar la puesta en marcha de la estación de Lanzador de Dados, partiendo de la configuración de la interfaz gráfica Magelis, con el objeto de dar supervisión y control de las estaciones de trabajo del Lanzador de Dados y Línea de Mecanizado y Estampado de piezas. El aporte que presenta este trabajo es el método utilizado para la programación del PLC, pues a partir del desarrollo del mismo y utilizando un



software SCADA PCIM permite la supervisión y control de su sistema, creando la posibilidad de utilizar un software computacional para dar control interactivo del Controlador Digital a programar DGC-2020.

➤ Fuenmayor, Leonardo y Villanueva, Ricardo. (2006). En su trabajo, ***“Diseño y construcción de un prototipo didáctico de un lavado automático de vehículos para el laboratorio de automatización industrial”***. Enmarcado bajo la condición de proyecto factible, desarrollaron un trabajo didáctico para el laboratorio de Automatización II de la Universidad de Carabobo. Su prototipo tuvo como finalidad realizar las conexiones de un controlador PLC, para dar lugar a un proceso automatizado del lavado automático de vehículos. El trabajo citado, mantiene relación con este proyecto, por la elaboración de un esquema de conexiones (entradas / salidas) para el autómata programable, con el objeto de estudiar el software y las características de interfaz hombre máquina.

➤ Núñez Ferrer, María Gabriela y Morrillo García, Pedro Alexander. (2006). En su trabajo especial de grado titulado, ***“Diseñar y construir un prototipo didáctico de una línea de mecanizado y estampado de piezas para el laboratorio de Automatización Industrial”***. El estudio antes citado se basa en la recopilación de equipos existentes en el laboratorio de Automatización Industrial II para la construcción de una línea de producción de cualquier empresa manufacturera, en el cual describe unas funciones que se conocen en el ámbito empresarial como son las Celdas de Manufactura (CFM) y Sistema Flexible de Manufactura (SFM), para la misma se utilizó un Controlador Lógico Programable (PLC) marca TELEMECANIQUE modelo Modicon TSXMicro 3722, como instrumento de control y monitoreo de todos los dispositivos utilizados en la realización del proceso. El aporte que nos proporciona esta investigación, nos ayuda a plantear una mejora en el control y monitoreo del dispositivo DGC-2020 mediante el uso de una lógica programable.



➤ Barco, David y Esquivel, José. (2005). En su trabajo especial de grado titulado, ***“Reingeniería de un Banco de Control de Procesos”***, realizan un enfoque hacia la línea de investigación relacionada con el control de procesos para determinar al cálculo del nivel, caudal y temperatura de algún proceso industrial determinado, utilizando para ello instrumentos de medición y conversión de variables (Transmisor, RTD, turbina), y un PLC TELEMECANIQUE como gobernador para el control de todas estas herramientas, así como también del sistema supervisorio SCADA. El trabajo mencionado, guarda relación con lo investigado, en el funcionamiento y medición de los parámetros que nos proporciona el controlador Digital DGC-2020, ya que estas conversiones o datos que nos arroje deben ser analizados por un software programable, con la finalidad de activar el controlador cuando sea necesario, recordando que nuestro enfoque va guiado hacia el arranque de un motor– generador a partir de las señales de mando de este equipo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Grupo Electrónico

Es una máquina electromecánica con finalidades de transformar la energía mecánica o movimiento que proviene del combustible fósil (gasoil o diesel por citar alguno) y transformarlo en energía eléctrica, para alimentaciones en hogares, hospitales, centros comerciales, entre otros.

Son comúnmente utilizados cuando existe un corte, falla u otra en la energía eléctrica impartida por parte de la compañía suministradora (como CORPOELEC por ejemplo), con fin de reponer la energía a la carga que estaba siendo alimentada de la forma más rápida posible. En la figura 2.1 se muestra un modelo de motor generador o grupo electrónico.



Figura 2.1 Imagen de grupo electrónico

Fuente: www.electricasas.com/



2.2.1.1 Variables de un Grupo Electrónico

Se puede clasificar los grupos electrógenos o motor-generadores, de muchas maneras, por su potencia principal (baja entre 900W-9KW, media entre 10KW-90KW, alta 100KW-750KW), por su frecuencia (básicamente 50Hz, 60Hz), tipo de combustible, corrientes, voltajes disponibles (380/220v, 440/230v, 415/240v), revoluciones o RPM, fases (1 fase, trifásico), tipo de insonoración, factor de potencia, peso, entre otras.

A parte de todo esto, las especificaciones técnicas a la hora de adquirir un grupo electrógeno, están separadas principalmente, en datos técnicos del motor (marca, modelo, potencia máxima, sistema de arranque, numero de cilindros), alternador (aislamiento, sistema de excitación, THF) y si posee o no sistema de control para el motor-generador.

2.2.1.2 Variables de control Grupo Electrónico

Las principales variables a considerar en el control de un motor-generador a nivel general son las siguientes:

- Botón de parada de emergencia
- Voltímetro y selector de fase
- Amperímetro y selector de fase
- Frecuencímetro
- Paro y marcha
- Contador de horas de funcionamiento de motor
- Monitor de temperatura del motor con alarma configurable
- Monitor de presión de aceite con alarma configurable
- Alarmas configurables para funcionamientos anormales.



2.2.2 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Un autómata programable industrial es un equipo de electrónico de control con un cableado interno (hardware), independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso, mediante un software específico, el cual contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre las señales de entrada y salida desde y hacia el proceso, cableadas directamente en los bornes de conexión del autómata [1].

Como los primeros sistemas de automatización industrial basados en relés eran realizados por electricistas, al ser un PLC sustituto de estos sistemas, se diseñaron lenguajes de programación, que emularan a este tipo de circuitos basados en lógica de relés. Los sistemas modernos tienen interfaces gráficas que permiten dibujar estos esquemas en la pantalla del ordenador, pero los antiguos disponían de un lenguaje de programación textual, para escribir estos circuitos. Este lenguaje era similar al lenguaje ensamblador de los microprocesadores. [2]

2.2.2.1 Tipos de controladores

De acuerdo a su número de entradas y salidas:

- De Gamma Baja: si el número de E/S es menor a 256.
- De Gamma Media: si el número de entradas y salidas es mayor o igual a 256 y menor a 1024.
- De Gamma Alta: si el número de entradas y salidas es mayor a 1024.

En la actualidad se encuentran distintos tipos de PLC, pero todos convergen a algunas de estas clasificaciones de acuerdo a su conformación y estructura. Estas pueden ser:

- Compactos: Si todos los elementos del PLC se encuentran encerrados en un solo bloque de operación.
- Modulares: Si las E/S se encuentran de forma aislada al autómata.[3]



2.2.3 Controlador Digital DGC-2020

El Controlador Digital DGC-2020 es un dispositivo de control integrado, capaz de enviar una señal para el accionamiento de un motor-generator, además es un dispositivo que permite la protección y de medición tanto de un motor-generator como de un proceso en específico.

Su tecnología está basada en un microprocesador el cual proporciona funciones muy precisas de medición, ajuste de los parámetros (Set Point) y temporización. Los indicadores y dispositivos de control de la pantalla facilitan su manipulación. El software de comunicación de Basler Electric (BESTCOMSPlus) permite adaptar fácilmente las unidades a cada aplicación específica. Dado que el circuito de medición del DGC-2020 consume poca energía no se necesita ningún transformador de tensión. Un visualizador de cristal líquido (LCD) retro iluminado, está adaptado a una gama de temperaturas de funcionamiento muy amplia, y puede utilizarse en condiciones ambientes de temperatura e iluminación muy variadas [4].

2.2.3.1 Características del controlador digital DGC-2020

Los controladores digitales DGC-2020 están provistos de las siguientes funcionalidades [4]:

- Control del generador, local y remoto (Vía telefónica e Internet)
- Protección del motor, del generador y de pérdida de red
- Control del interruptor de transferencia automática (fallo de alimentación de red)
- Detección automática de la configuración del generador
- Carga y Descarga suave del Generador
- Transmisores analógicos programables del motor
- 16 entradas por contactos programables
- Lógica programable
- Disponibilidad de Temporizadores en la programación



- Comunicaciones con la ECU por SAE J1939
- Puerto RS485 Integrado

2.2.3.2 Ajustes Generales

- Valor de contraste pantalla LCD: Ajustable de 0 a 100 (contraste máximo).
- Modo Reserva del Panel Delantero: Activar o Desactivar.
- Idioma: inglés, chino o español.
- Activación de la pantalla de desfile: Activar o Desactivar.
- Ajustes configurables Índice interfaz HMI, desde software
- Temporización Pantalla de desfile: Ajustable de 1 a 120 s, por incrementos de 1
- Mensaje de inicialización 1: Acepta una cadena de caracteres alfanuméricos de hasta 16 caracteres.
- Mensaje de inicialización 2: Acepta una cadena de caracteres alfanuméricos de hasta 16 caracteres. Se visualiza en la tercera línea de la pantalla de arranque inicial. [4]

2.2.3.3 Funcionamiento como Transfer (Fallo de Red)

El DGC-2020 puede detectar un corte de alimentación por medio de una entrada monofásica del bus. Se deduce que hay un fallo de alimentación de red cuando se produce una de las siguientes condiciones [4]:

- La tensión del bus cae por debajo del nivel mínimo.
- La tensión del bus no es estable debido a una sobretensión o subtensión.
- La tensión del bus no es estable debido a una sobrefrecuencia o subfrecuencia.

En este caso, el DGC-2020, cuando esté listo, aplica potencia a la carga dando una señal de arranque al motor-generator. El DGC-2020 vigila permanentemente el circuito de entrada y salida de la alimentación de la red. Cuando vuelve la

alimentación de red y se considera estable, el DGC-2020 transfiere de nuevo la carga en la alimentación principal.

2.2.3.4 Numero de Estilo

Los controladores DGC-2020 están identificados con un número de estilo que está formado por una combinación de letras y dígitos que definen las características eléctricas del controlador y sus funcionalidades operativas. Al conectar el DGC-2020 al computador, preferiblemente portátil por medida de transporte, en el software BESTCOMSPlus automáticamente aparece el número de estilo asociado al controlador digital programable, de acuerdo a su fabricación, especificaciones técnicas, características internas y funciones totales que en sí se hace uso del controlador [4].

El número de estilo del DGC-2020 suministrado por la empresa IREMCA es el **11ARBMEA**. En la figura 2.2 se presenta el significado de cada valor en el número de estilo.

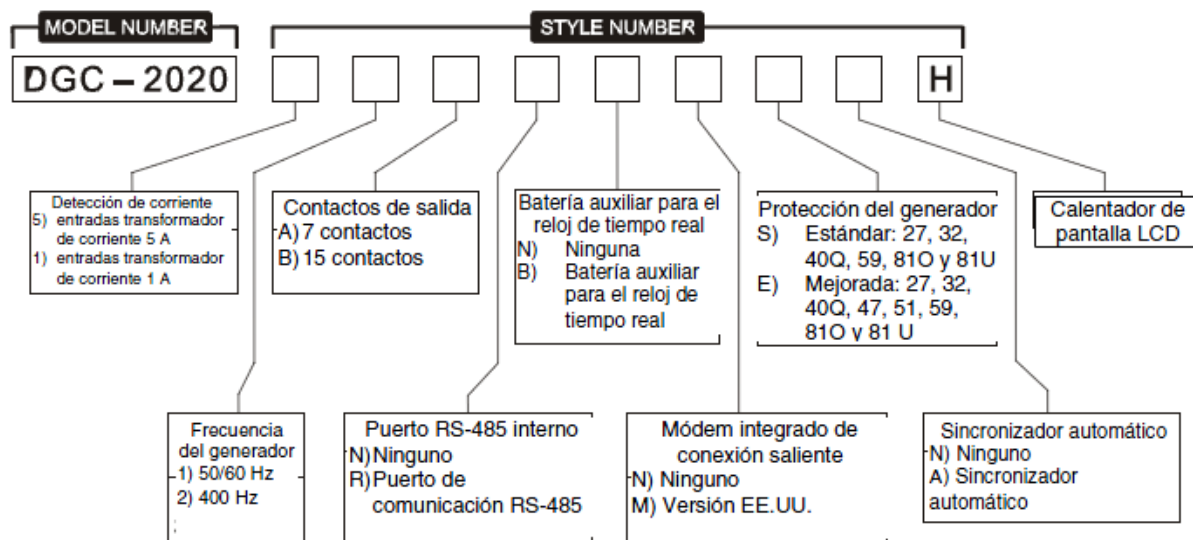


Figura 2.2: Numero de estilo del DGC-2020

Fuente: Manual del controlador DGC-2020

2.2.3.5 Diagrama de Conexión de forma monofásica entre fases A y B

A continuación se presenta una forma de conexión monofásica del DGC-2020 con el generador, entradas por contacto (entradas digitales), y la tensión de las fases, dos de ellas (A y B) conectadas directamente en el controlador. Este esquema se va a tomar de referencia, pero las conexiones eléctricas no van a ser idénticas, debido a que es una simulación, no se dispone de un motor-generador, entre otros. En la figura 2.3 representa un esquema eléctrico de conexión monofásico para el DGC-2020.

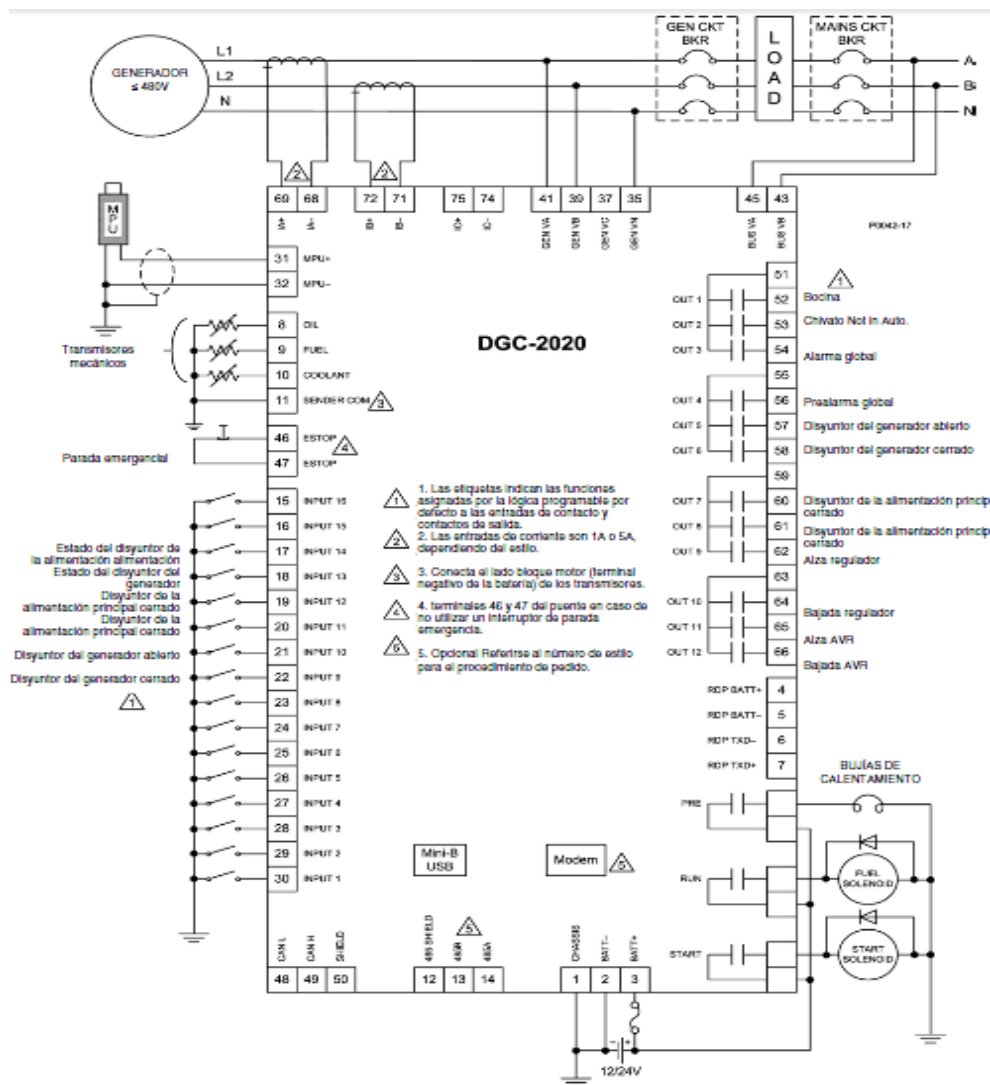


Figura 2.3: Diagrama de conexión monofásico Fases (A, B)

Fuente: Manual del controlador DGC-2020



2.2.3.6 Configuración de transmisores de presión de aceite, temperatura de refrigerante y nivel de combustible del motor-generator con el software BESTCOMSPlus.

Temperatura Refrigerante (similar para los transmisores de presión de aceite y nivel de combustible) A continuación se muestran características de los transmisores así como la configuración de cada uno de ellos [4]:

- a) El transmisor de temperatura del refrigerante puede ser configurado mediante la selección de uno de los tipos que viene como parte de la biblioteca de transmisores de BESTCOMSPlus haciendo clic en Cargar Archivo Ajustes Refrig y seleccionando el transmisor correspondiente.
- b) Si ningún archivo de transmisores coincide con el transmisor utilizado, cada uno de los puntos de resistencia con la temperatura del refrigerante puede ser modificada mediante el establecimiento de valores numéricos en la tabla, o arrastrando los puntos de la gráfica de la característica deseada. Información sobre las características del transmisor debería obtenerse del fabricante del transmisor.
- c) Seleccione pendiente del transmisor Positivo o Negativo necesarias para el gráfico del transmisor.
- d) Haga clic en Guardar Datos de Refrigerante para guardar los datos en el archivo de configuración actual.
- e) Si desea guardar datos nuevos de transmisores como archivo de la biblioteca, haga clic en Crear Archivo Ajustes Refrigerante y escriba un nombre de archivo y ubicación para guardar el archivo.
- f) Presione en el botón Enviar Ajustes en BESTCOMSPlus para enviar los ajustes del transmisor al DGC-2020.

Se presenta a continuación una curva del transmisor de la temperatura del refrigerante de un motor-generator, la cual puede ser ajustada o adaptada a algún transmisor utilizado para esta funciones similares, en este caso el valor máximo de ajuste es 3500 ohm. En la figura 2.4 está un modelo de transmisor de temperatura de refrigerante con pendiente negativo.

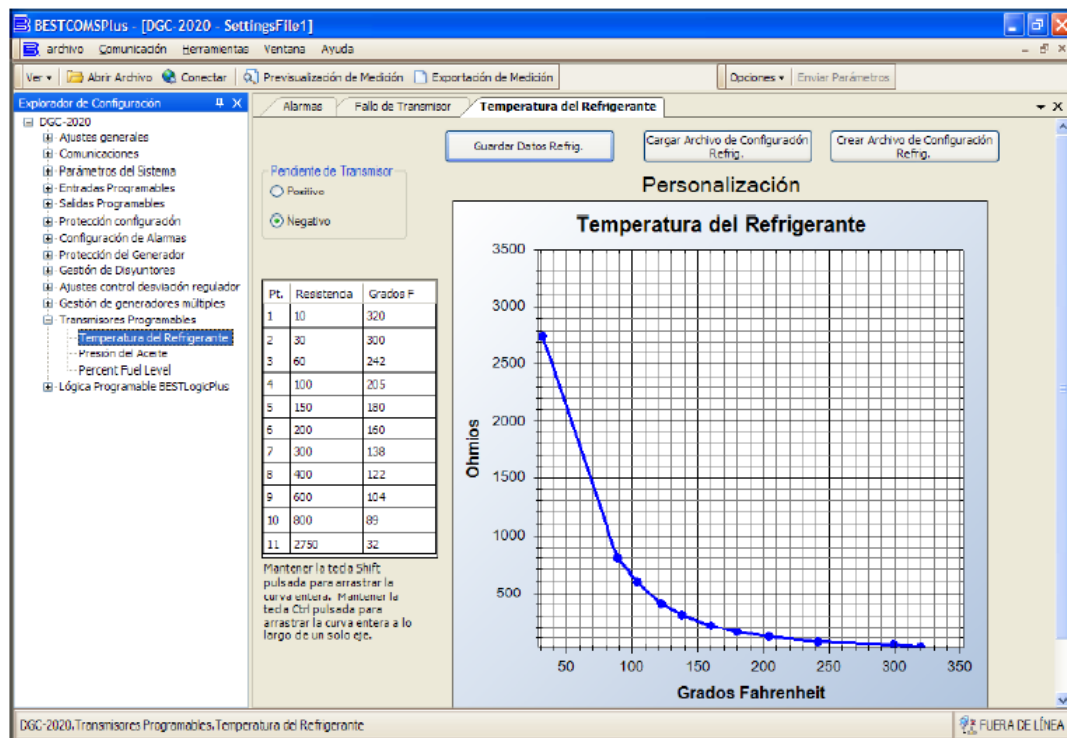


Figura 2.4: Configuración de trasmisor de temperatura de refrigerante.

Fuente: Manual del controlador DGC-2020.

2.2.4 Software de programación BESTCOMSPlus

BESTCOMSPlus es una aplicación de PC basada en Windows® que brinda una interfaz de usuario gráfica (GUI) fácil de utilizar con los productos de comunicación Basler Electric. El nombre BESTCOMSPlus es un acrónimo que significa Herramientas de Software Eléctrico Basler (BEST) para Comunicaciones, Operaciones, Mantenimiento, y Configuraciones (COMS).

La lógica programable BESTlogic+ se utiliza para programar las funciones de protección del generador, las alarmas, las entradas y salidas del DGC-2020. Esto es posible gracias al método de arrastrar y soltar.

El usuario puede arrastrar los elementos, los componentes, las entradas y las salidas a la red del programa y efectuar conexiones entre ellos para crear el esquema lógico deseado [4]. En la figura 2.5 muestra la ventana principal del software BESTCOMSPlus.

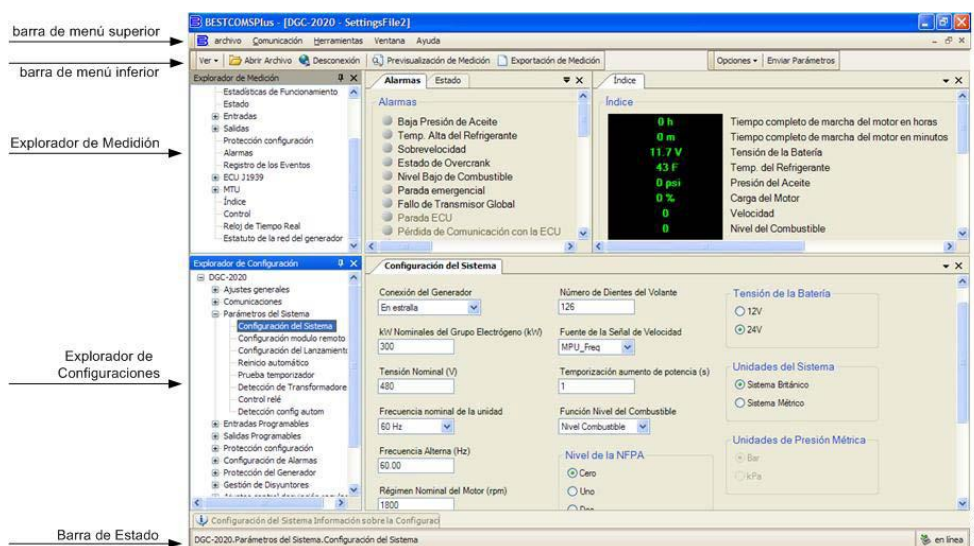


Figura 2.5 Componentes Típicos de la Interfaz de Usuario
Fuente: Manual del controlador DGC-2020



2.2.4.1 Funciones programables

Cualquiera de las 16 entradas de contacto puede programarse para reconocer cualquiera de los nueve tipos de funciones [4]:

- Interruptor de Transferencia Automática. Desconecta la alimentación eléctrica y activa el generador.
- Priorización Delta Puesta a Tierra. Utiliza la detección Delta Puesta a Tierra si la conexión del generador está configurada en Delta.
- Priorización Monofásica. La unidad cambia a la configuración de detección monofásica y utiliza el Ajuste de Detección de Priorización Monofásica (A-B o A-C).
- Priorización AC Monofásica (A-C). La unidad cambia a la configuración de detección monofásica A-C, incluso si el ajuste de Detección de Priorización Monofásica está configurado en A-B (Nota: Se aplica sólo si se activa la entrada de la Priorización Monofásica).
- Fallo Cargador de Batería. Si se activa la entrada seleccionada, se anuncia una alarma o pre-alarma seleccionada por el usuario tras la temporización de la activación.
- Nivel Bajo del Refrigerante. Si se activa la entrada seleccionada, se anuncia una alarma o pre-alarma seleccionable por el usuario tras la temporización de la activación.
- Detección fuga de Combustible. Si se activa la entrada seleccionada, se anuncia una alarma o pre-alarma seleccionable por el usuario tras la temporización de la activación.

2.2.4.2 Activación del programa BESTCOMSPlus

El software BESTCOMSPlus es compatible Windows XP 32-bit, Windows® Vista 32-bit (todas las ediciones), y Windows® 7 32-bit (todas las ediciones). Antes de instalar BESTCOMSPlus deberá instalar Windows Explorer 5.2 o la versión más reciente. En la tabla 2.1 se muestra las recomendaciones de BASLER a la hora de instalar el software BESTCOMSPlus.

Componente	Recomendado
procesador	1 GHz
RAM	256 MB
Disco Duro	25 MB de espacio libre (si .NET Framework ya está instalado en el PC).
	250 MB de espacio libre (si .NET Framework no se ha instalado aún en el PC).

Tabla 2.1 Recomendaciones del sistema para instalación del software BESTCOMSPlus

Fuente: Manual del controlador DGC-2020

2.2.4.3 Temporizadores de excitación y de pérdidas de señal

➤ Temporizadores de excitación

Un temporizador de excitación genera una salida TRUE (activada) cuando el tiempo transcurrido es superior o igual al parámetro de Tiempo de Excitación tras ocurrir una transición de FALSE (desactivada) a TRUE (activada) en la entrada de la lógica conectada. Cuando el estado de la entrada de ingreso pasa a FALSE (desactivada), la salida pasa a FALSE (desactivada) inmediatamente. En la figura 2.7 se puede observar el grafico de la activación de salida con respecto a la entrada.

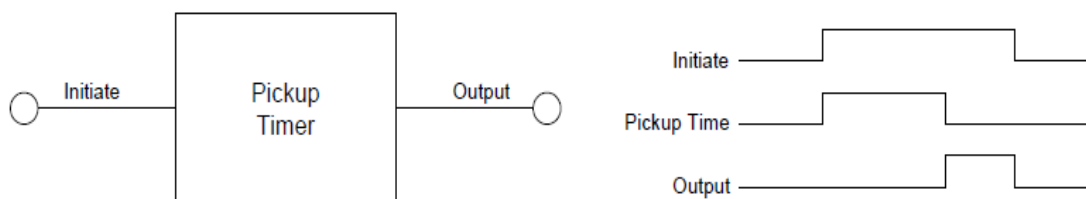


Figura 2.6 Forma de onda de activación de temporizador de excitación

Fuente: Manual del controlador DGC-2020

➤ Temporizadores de pérdida de señales

Un temporizador de pérdida de señales genera una salida TRUE (activada) cuando el tiempo transcurrido es superior o igual al parámetro de Tiempo de Pérdida de Señales tras ocurrir una transición de FALSE (desactivada) a TRUE (activada) en la entrada Initiate de la lógica conectada. Cuando la entrada Initiate pasa a TRUE (activada), la salida pasa a FALSE (desactivada) al instante. En la figura 2.7 se puede observar el grafico de la activación de salida con respecto a la entrada.

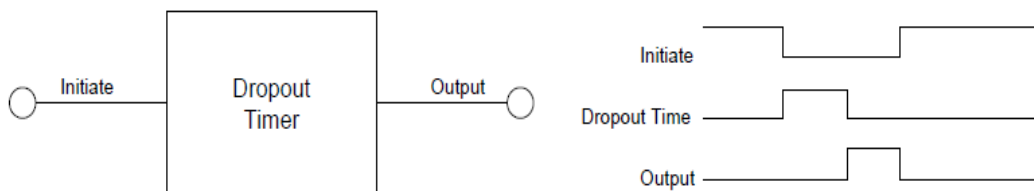


Figura 2.7 Forma de onda de activación de temporizador de pérdida de señal

Fuente: Manual del controlador DGC-2020

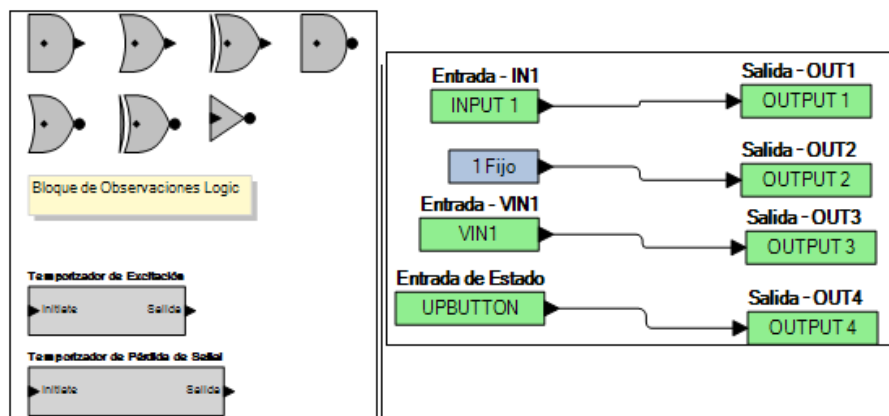
2.2.4.4 Programación en BESTLogicPlus

Esta programación es relativamente sencilla basada en colocaciones (arrastrar y soltar) de compuertas lógicas con funciones, And, Or, Xor, Xnor y otras; aunque no es tan útil como la programación Ladder que es la más común entre autómatas debido a que es menos organizada y no se pueden colocar tantos niveles lógicos. Con respecto a las entradas y salidas, existen varios tipos; entradas físicas, aplicando el voltaje adecuado a la entrada (cero voltios en este caso), entradas virtuales, y botones del panel frontal. Para las salidas existen las salidas físicas, salidas remotas y salidas analógicas (si se tiene el módulo LSM-2020). En la tabla 2.2 están las principales alarmas, entradas digitales y salidas tal cual se observan el software BESTCOMSPlus y en la figura 2.8 se muestran las compuertas lógicas, temporizadores y entradas conectadas directamente a las salidas.

Logic 1 (Lógica 1)	Siempre TRUE (VERDADERO).	1 Fijo
Physical Inputs (Entradas físicas) IN1 - IN16	TRUE cuando la Entrada física x está activada.	Entrada - IN1 INPUT_1
Remote Inputs (Entradas remotas) IN17 - IN26	True cuando se activa la Entrada Remota x. (Disponible cuando está conectado un CEM-2020 opcional.)	Entrada - IN17 INPUT_17
Virtual Inputs (Entradas virtuales) VIN1 - VIN4	TRUE cuando la Entrada virtual x está activada.	Entrada - VIN1 VIN1
Status Input (Entrada de estado) Silenciar Alarma	TRUE cuando el elemento lógico Silenciar Alarma es verdadero o el botón Silenciar Alarma es presionado en el panel frontal.	Status Input ALARMSILENCEIN
Objetos de salida		
Physical Outputs (Salidas físicas) OUT1 - OUTx	Salidas físicas 1 a 7 (estilo xxAxxxxx) ó 1 a 15 (estilo xxBxxxxx).	Salida - OUT1 OUTPUT_1
Remote Outputs (Salidas remotas) OUT13 - OUT36	True cuando se activa la Salida Remota x. (Disponible cuando está conectado un CEM-2020 opcional.)	Output - OUT13 OUTPUT_13
Alarmas		
Low Coolant Level (bajo nivel de refrigerante)	TRUE cuando la función de nivel bajo del refrigerante está configurada como Alarma y se ha superado el lapso de temporización de activación. Asimismo, TRUE cuando se ha habilitado la opción CANBus y se ha superado el límite de alarma	Alarma LOWCOOLLVLAM

Tabla 2.2 Recomendaciones del sistema para instalación de BESTCOMSPlus

Fuente: Manual del controlador DGC-2020



(a)

(b)

Figura 2.8 a) Compuertas lógicas y temporizadores

b) Entrada física, lógica, virtual y botón de panel; salida física

Fuente: Software BESTCOMSPlus del controlador DGC-2020

2.2.4.5 Detección de la condición del Bus

El DGC-2020 monitorea constantemente la tensión de entrada a la carga, por lo cual ofrece las posibilidades de ajustar los parámetros o límites a la reconexión de la red así como también el corte de energía eléctrica si hubiese una sobretensión y subtensión, lo propio hace con la frecuencia de la red. El DGC-2020 mide el voltaje en terminales de la conexión que se le hace a la carga, es decir tensión nominal, esta medición podría configurarse en el software como monofásica o trifásica, pero en ambos casos se necesitan por lo mínimo dos fases para la lectura correcta, ya que, el mínimo de tensión que se puede programar es de 70 V entre fases distintas (Sea A-C o A-B). En la figura 2.9 se muestra la configuración en el programa BESTCOMPSplus para las condiciones de medición de la tensión de la red.

Configuración de las Condiciones del Bus

Límite de Bus Inactivo (V)	Temporización de Activación por Bus Inactivo (s)
30	0,1
Temporización de Activación por Fallo del Bus (s)	
0,1	

Bus estable

Ajuste Sobretensión		Ajuste Subtensión	
Excitación (V)	Pérdida de señal (V)	Excitación (V)	Pérdida de señal (V)
130 V L-L	127	115 V L-L	117
Ajuste Sobre frecuencia		Ajuste Subfrecuencia	
Excitación (Hz)	Pérdida de señal (Hz)	Excitación (Hz)	Pérdida de señal (Hz)
62,00	61,80	58,00	58,20
Temporización de Activación por Bus Estable (s)	Factor de Escala de Valor Mínimo	Factor de Escala de Frecuencia	
0,1	1,000	1,000	

Figura 2.9 Configuración de detección de bus

Fuente: Software BESTCOMSPlus del controlador DGC-2020

2.2.4.6 Detección de la condición de tensiones del generador

La tensión del generador es conectada en bornes del DGC-2020, es la misma que recibe la carga asociada cuando existe una pérdida de la energía eléctrica por parte de la red, una caída de tensión o un aumento considerable de tensión; por lo cual, debe ser reconectada la carga solo cuando exista este tipo de fallas. Por lo cual, el controlador tiene parámetros de ajuste para modificar la conexión del generador, la toma de voltajes, ajustar la frecuencia nominal del generador, incluso conectar en paralelo varios transformador si es necesario. En la figura 2.10 se señala la configuración para la detección de la tensión de la red o bus.

Detección de la Condición del Bus

Detección del Generador

Ajuste Condiciones del Generador

Umbral de Gen Muerto (V)	Retardo Activado Gen Muerto (s)
80	0,1
Retardo Activación Gen Muerto (s)	
0,1	

Generador estable

Ajuste Sobretensión		Ajuste Subtensión	
Excitación (V)	Pérdida de señal (V)	Excitación (V)	Pérdida de señal (V)
130	127	115	117

Ajuste Sobre frecuencia

Excitación (Hz)	Pérdida de señal (Hz)
62,00	61,80

Ajuste Subfrecuencia

Excitación (Hz)	Pérdida de señal (Hz)
58,00	58,20

Retardo Activación Gen Estable (s): 0,1

Factor de Escala de Valor Mínimo: 1,000

Factor de Escala de Frecuencia Alterna: 1,000

Figura 2.10 Configuración de detección de generador

Fuente: Software BESTCOMSPlus del controlador DGC-2020

2.2.4.7 Visualización de alarmas, prealarmas y fallo del transmisor

El software del DGC-2020 tiene la capacidad de mostrar en línea en la HMI o en la PC (cuando está conectado el equipo), los estados actuales de las alarmas, prealarmas (similar a la alarma, pero no detiene el motor generador, más bien para advertir), fallo del transmisor, así también cuando se le conecta carga. Cuando ocurre una falla o alarma pre configurada se muestran en la PC ciertos led's de colores por cada alarma y en la pantalla del equipo se observa una lista de los sucesos que ocurrieron, en secuencia de aparición. En la figura 2.11 se indica la visualización de alarmas y pre-alarmas en la pantalla de una PC, usando el software BESTCOMSPlus.

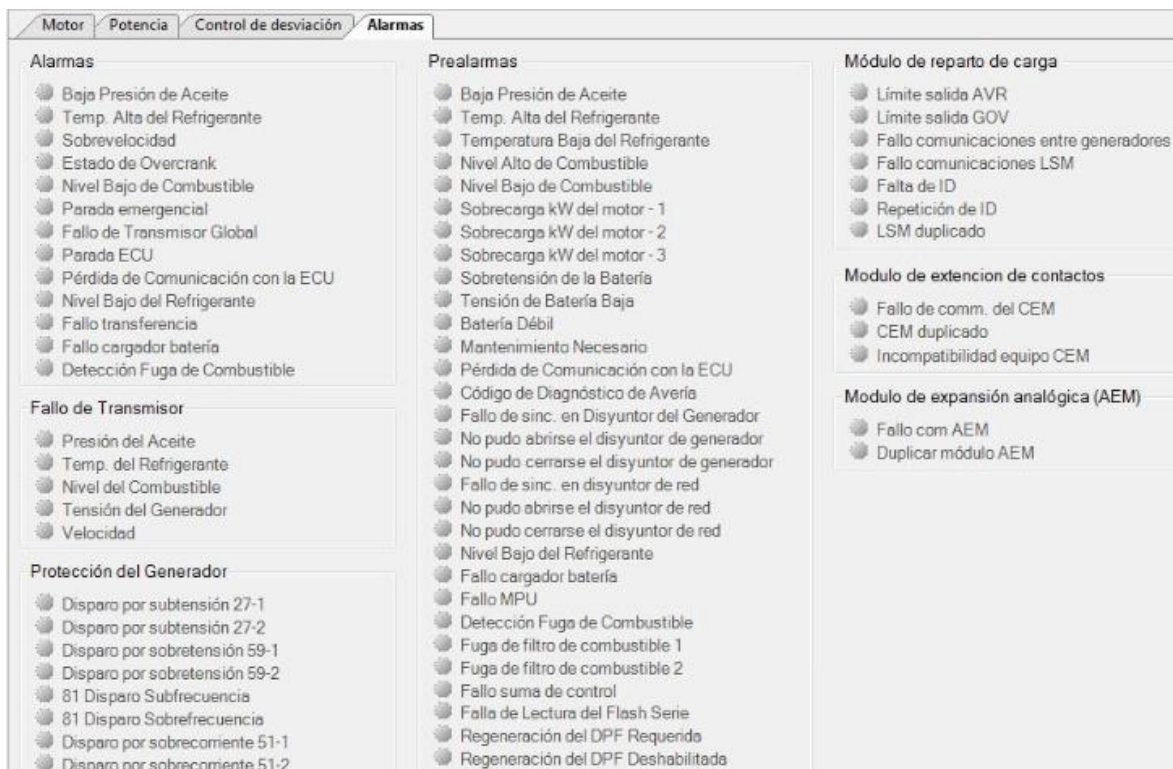
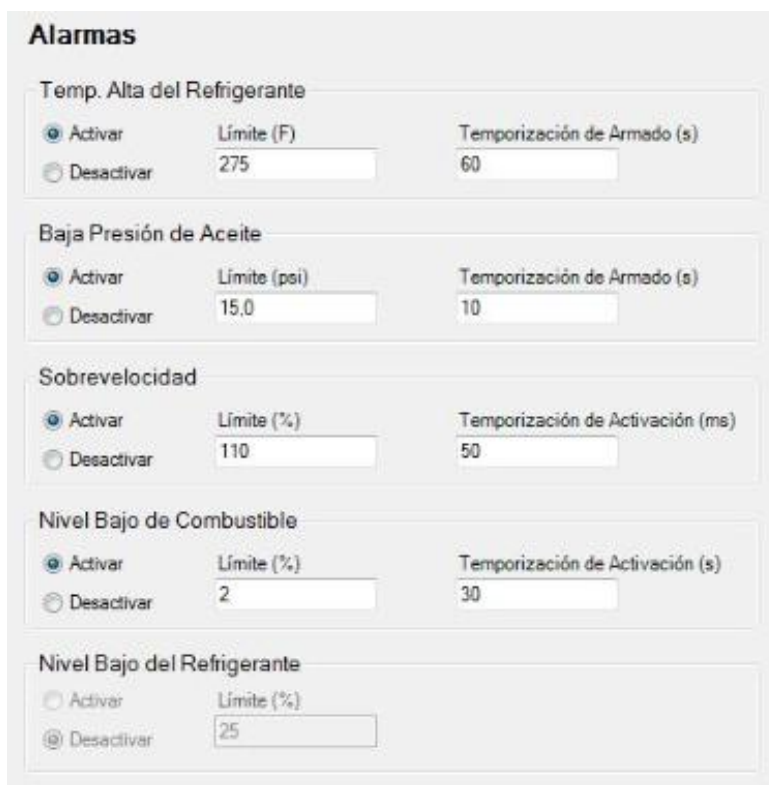


Figura 2.11 Visualización de alarmas, prealarmas y fallo del transmisor

Fuente: Software BESTCOMSPlus del controlador DGC-2020

2.2.4.8 Configuración de Alarmas, Prealarmas

El software del DGC-2020 tiene la capacidad de modificar los umbrales de las alarmas por baja o por alta (no necesariamente cuando está el pc conectado con el equipo), pudiendo así configurarlos cada uno independientemente, y de acuerdo al valor deseado. Cada configuración manda una señal de alarma cuando supera al límite superior o inferior de cada uno de los transmisores. En la figura 2.12 se presenta la configuración de alarmas por baja presión de aceite, temperatura alta del refrigerante y nivel bajo de combustible.



Alarmas		
Temp. Alta del Refrigerante		
☒ Activar	Límite (F)	Temporización de Armado (s)
☐ Desactivar	275	60
Baja Presión de Aceite		
☒ Activar	Límite (psi)	Temporización de Armado (s)
☐ Desactivar	15.0	10
Sobrevelocidad		
☒ Activar	Límite (%)	Temporización de Activación (ms)
☐ Desactivar	110	50
Nivel Bajo de Combustible		
☒ Activar	Límite (%)	Temporización de Activación (s)
☐ Desactivar	2	30
Nivel Bajo del Refrigerante		
☐ Activar	Límite (%)	
☒ Desactivar	25	

Figura 2.12 Configuración de Alarmas, Prealarmas

Fuente: Software BESTCOMSPlus del controlador DGC-2020

2.2.4.9 Configuración del transmisor

Una de las ventajas que proporciona el equipo, es la configuración del transmisor la cual es a través de puntos, pudiéndose modificar tanto el valor de resistencia en ohmios, y el valor de la variable asociada, por ejemplo presión. Si el fabricante del transmisor suministra un gráfico de precisión de transmisor, se pudiese entonces ajusta la curva. También está la posibilidad de graficar ascendentemente o descendentemente según la fabricación del transmisor En la figura 2.13 se muestran dos curvas de transmisores iguales, pero con pendiente invertida.

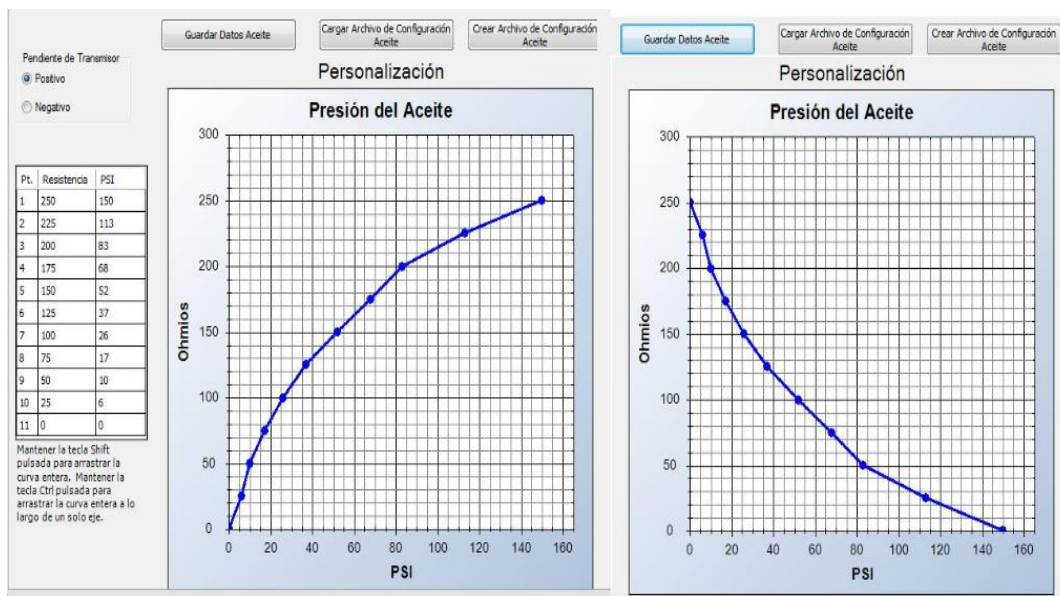


Figura 2.13 Curvas de configuración del transmisor ascendente y descendente

Fuente: Software BESTCOMSPlus del controlador DGC-2020



2.2.4.10 Comunicaciones del DGC-2020

Los ajustes de comunicación del DGC-2020 comprenden parámetros de configuración para la CANBus, la ECU el módem y la comunicación RS-485. [5]

- **Configuración del CANBus.** La interfaz CANBus DGC-2020 posibilita una comunicación de alta velocidad entre el DGC-2020 y la unidad de control del motor (ECU), en motores eléctricamente controlados. Si se ha habilitado a la opción ECU, el DGC-2020 ignorará la temperatura del refrigerante análogo, la presión de aceite y las entradas de la velocidad del motor y utilizará la ECU para estos parámetros. Asimismo, el DGC-2020 dejará de contar el tiempo de funcionamiento del motor y empezará a utilizar el tiempo de funcionamiento registrado por el ECU.
- **Configuración del Módem (opcional).** Los controladores DGC-2020 disponen de un módem telefónico interno con posibilidad de conexiones entrantes y salientes. Dicho módem permite que el DGC-2020 pueda marcar hasta cuatro números teléfono e indica las condiciones seleccionadas por el usuario en cuanto a beepers.
- **Configuración RS-485 (Opcional)** Los controladores DGC-2020 provistos del puerto de comunicación RS-485 opcional (número de pueden monitorearse y controlarse mediante una red sondeada que emplea el protocolo Modbus. Los parámetros del puerto RS-485 ajustable incluyen la velocidad en baudios la paridad y la dirección del puerto C. Los parámetros del puerto RS-485 fijo incluyen el número de bits de datos (8) y los bits de parada.



2.2.4.11 Configuración de las entradas del controlador

Cada una de las 16 entradas de contacto puede configurarse de manera independiente para anunciar una alarma o prealarma:

- A) Cuando la entrada detecte el cierre de un contacto. El usuario puede ajustar la temporización.
- B) Se puede retardar la generación de la alarma o prealarma, cuando sus entradas estén configuradas. Por defecto, todas las entradas están configuradas de manera que no activen una alarma o prealarma. Los contactos se pueden reconocer siempre y cuando el motor está en funcionamiento.

2.2.4.12 Utilización de los breakers o disyuntores

El DGC-2020 puede controlar el disyuntor del generador y el disyuntor de red. Cuando se haya comprobado que la solicitud correspondiente es válida, el DGC-2020 intentará operar el disyuntor, si es posible. El usuario puede optar por controlar el disyuntor del generador, el disyuntor del generador y el disyuntor de red o ninguno de los dos. Se utiliza BESTCOMSPlus para configurar la gestión de los disyuntores. [4]

Determinación del estado de los disyuntores

El estado de los disyuntores es determinado utilizando la Lógica Programable BESTlogicPlus para configurar los bloques lógicos GENBRK (disyuntor del generador) y MAINSBRK (disyuntor de red). Estos bloques lógicos tienen salidas que se pueden configurar para alimentar un contacto de salida y controlar un disyuntor así como entradas correspondientes al estado y al control de los disyuntores.



Tratamiento de las solicitudes correspondientes a los disyuntores

Cuando está en modo RUN, el disyuntor de red y el disyuntor del generador se pueden cerrar manualmente utilizando entradas por contacto o los botones del disyuntor de La pantalla Control de BESTCOMSPlus.

Modo Run

Cuando está en modo RUN (modo manual), el DGC-2020 funciona y no puede apagarse automáticamente. El disyuntor puede abrirse o cerrarse mediante las entradas de la lógica programable. La lógica programable funciona normalmente en este modo.

Modo OFF

Mientras está en modo OFF, el DGC-2020 no puede arrancar. No puede arrancarse automáticamente. La lógica programable funciona normalmente en este modo.

Modo AUTO

Cuando está en modo AUTO, el DGC-2020 puede arrancarse automáticamente desde el computador y también puede encender el motor generador manualmente desde la HMI del equipo. La lógica programable funciona normalmente en este modo.

**CAPITULO III****MARCO METODOLÓGICO****3.1 Tipo de investigación**

Según Jacqueline Hurtado de Barrera, en su estudio “metodología de la investigación, una comprensión holística” consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa, un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo didáctico, ya sea de un grupo social, de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento.

Además La investigación puede cumplir dos propósitos: proporcionar teoría y conocimiento sobre la realidad, podríamos referirnos a esta como investigación científica, el segundo propósito es resolver problemas cotidianos de la sociedad, a esta podríamos decirle investigación tecnológica, entonces nuestra investigación podría considerarse de tipo científica-tecnológica. [8]

3.2 Metodología de la investigación

A fin de realizar el panel de simulación para el controlador, y los objetivos planteados con anterioridad se procede a seguir las siguientes etapas en orden progresivo, para la culminación exitosa de cada uno de los objetivos específicos propuestos:

➤ **Fase n° 1:** Estudio y manipulación del software BESTCOMSPlus y del controlador digital DGC-2020 de Basler Electric.

El software de programación es muy sencillo debido a que son compuertas lógicas que se colocan de forma gráfica en el computador del modo arrastrar y soltar, aunque ya se conoce y tiene en práctica el simulador para cualquier consulta se recurre al manual del autómata para solventar los problemas y dudas respecto a la configuración, programación.



➤ **Fase n° 2:** Selección de los componentes eléctricos y electrónicos a utilizar en el panel.

El panel tendrá su alimentación al conectarlo desde un tomacorriente, para ello se tienen tres transformadores monofásicos, además de ellos, botones pulsadores para la simulación de entradas digitales, luces pilotos para las salidas y perillas o potenciómetros para simular los transmisores analógicos de temperatura de refrigerante entre otros. El panel será portátil por lo que en su mayoría los dispositivos son electrónicos de pequeñas dimensiones.

➤ **Fase n° 3:** Diseño del panel de simulación frontal y trasero

Una vez seleccionado los elementos y componentes a utilizar, es necesario ubicarlos de forma que se pueda administrar bien las entradas/salidas y sus respectivos bornes, pulsadores, interruptores y luces pilotos a fin de tomar en cuenta el espacio físico total requerido, el cual no debe ser demasiado espacioso por las dimensiones del laboratorio de Automatización Industrial.

➤ **Fase n° 4:** Construcción formal del panel de simulación

Luego de diseñar el panel y seleccionar los materiales eléctricos y electrónicos, se procederá a realizar un análisis de precios unitarios con cada uno de los elementos y equipos a utilizar tomando en cuenta la estructura del panel, la fuente de poder, las dimensiones de cada uno, así como el plano de dimensiones físicas del panel para entregarlo a la empresa IREMCA, a fin de subsidiar los costos de realización final del panel.

➤ **Fase n° 5:** Programación y puesta en marcha del panel de simulación.

Una vez culminada la etapa 4 y ensamblados los elementos como un todo en el panel se procederá a realizar las pruebas de simulación haciendo uso de una



programación sencilla y manipulando las entradas digitales y analógicas programables, salidas físicas como luces pilotos.

➤ **Fase n° 6:** Elaboración de las prácticas para el laboratorio de automatización industrial II

Por ultimo en la realización de este trabajo de grado se propondrán algunas prácticas de laboratorio a fin de que el estudiante tenga el mayor conocimiento posible del dispositivo controlador, sus funciones y aplicaciones específicas; Tomando en cuenta que no debe ser extensas debido al tiempo que se toman cada una de las prácticas existentes en el laboratorio de automatización industrial II.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL AUTÓMATA
CONTROLADOR DGC- 2020 Y RESULTADOS

Lo más importante en la elaboración de esta investigación es la construcción del panel o tablero de simulación en el cual estará el autómata controlador, su fuente de alimentación (que depende de la corriente de la carga) y los distintos materiales eléctricos y electrónicos; todo esto con la finalidad de representar las funciones principales del controlador así como también el encendido de un motor-generator cuando falla la compañía de suministro de energía eléctrica y representar procesos de la automatización relativamente sencillos con el interés de que los estudiantes de conozcan algunas de las situaciones que se presentan en lugares de trabajo. En la figura 2.11 se visualiza un diagrama de lo que ocurre cuando falla la energía eléctrica a una carga.



Figura 4.1 Reconexión de la energía eléctrica por motor-Generador, cuando ésta falla

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

4.1 Fases de Desarrollo

4.1.1 Fase N° 1: Estudio y manejo del software de programación BESTCOMSPlus y del controlador digital programable DGC-2020.

4.1.1.1 Estudio del Controlador digital DGC-2020

Se utilizará, como se ha referido anteriormente el controlador digital programable DGC-2020, el cual tiene 16 entradas digitales programables y 12 salidas digitales (aunque depende del modelo podrían ser menos salidas), además de tener una interfaz HMI (Interfaz hombre-máquina) integrada con 11 botones pulsadores en la parte frontal para su manipulación. Básicamente el controlador maneja 2 niveles de voltaje para su alimentación que según las especificaciones del manual del mismo son 12Vdc/24Vdc. En la figura 4.2 se presentan tomas de fotografías del mencionado controlador digital de grupos electrógenos DGC-2020.

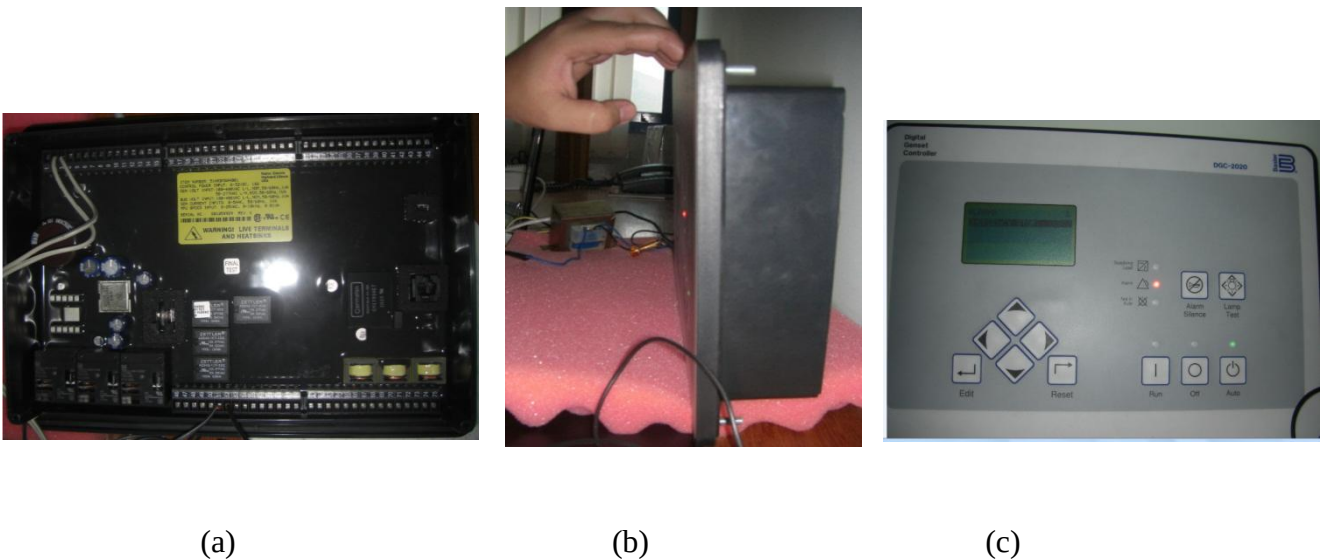
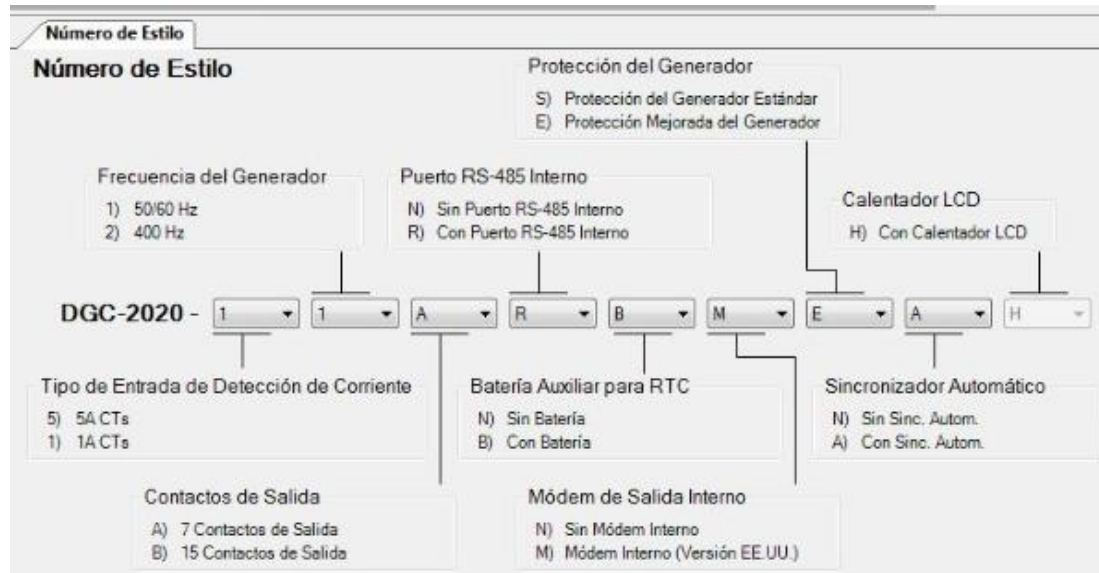


Figura 4.2. a) Imagen posterior del controlador digital DGC-2020 b) Imagen lateral del controlador digital DGC-2020 c) Imagen frontal del controlador digital DGC-2020

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

El modelo del DGC-2020 suministrado por la empresa IREMCA, y al conectarlo a la PC muestra automáticamente las especificaciones del controlador que en este caso es **11ARBMEA**, y de acuerdo a este código y modelo representa las siguientes características presentadas en la figura 4.3.



The screenshot displays the 'Número de Estilo' (Style Number) configuration window for the DGC-2020. It features a central row of dropdown menus with the following values: 1, 1, A, R, B, M, E, A, H. Lines connect these values to their respective configuration options:

- Frecuencia del Generador** (Generator Frequency): 1) 50/60 Hz, 2) 400 Hz. Connected to the first '1'.
- Puerto RS-485 Interno** (Internal RS-485 Port): N) Sin Puerto RS-485 Interno, R) Con Puerto RS-485 Interno. Connected to 'R'.
- Calentador LCD** (LCD Heater): H) Con Calentador LCD. Connected to 'H'.
- Tipo de Entrada de Detección de Corriente** (Current Detection Input Type): 5) 5A CTs, 1) 1A CTs. Connected to the second '1'.
- Batería Auxiliar para RTC** (Auxiliary Battery for RTC): N) Sin Batería, B) Con Batería. Connected to 'B'.
- Sincronizador Automático** (Automatic Synchronizer): N) Sin Sinc. Autom., A) Con Sinc. Autom. Connected to 'A'.
- Contactos de Salida** (Output Contacts): A) 7 Contactos de Salida, B) 15 Contactos de Salida. Connected to 'A'.
- Módem de Salida Interno** (Internal Output Modem): N) Sin Módem Interno, M) Módem Interno (Versión EE.UU.). Connected to 'M'.
- Protección del Generador** (Generator Protection): S) Protección del Generador Estándar, E) Protección Mejorada del Generador. Connected to 'E'.

Figura 4.3 Numero de Estilo del DGC-2002

Fuente: Software BESTCOMSPlus

Como se muestra en la imagen, cada valor tiene una característica específica y distinta según elaboración de cada dispositivo:

- Entrada de detección de corriente 1 Aac.
- Frecuencia del generador 50/60 Hz
- 12 Contactos de salida
- Con puerto RS-485 interno.
- Con batería auxiliar para RTC
- Con modem interno (Versión EE.UU)
- Protección del generador estándar
- Con sincronizador automático

4.1.1.1.1 Estructura de la conexión de la tensión de entrada al DGC-2020

En principio se tiene la alimentación industrial de acuerdo a la compañía suministradora de energía eléctrica la cual es 120 Vrms aproximadamente, y el autómatas funciona con una tensión nominal de 12 Vdc, por lo cual se necesita de una rectificación obligatoria de la señal de entrada para el uso del controlador.

1) Forma Esquemática Eléctrica

El equipo controlador tiene dos niveles de voltaje que son 12Vdc y 24Vac con los cuales podría funcionar correctamente, sin embargo existen detalles a la hora de escoger por parte del usuario, entre ellos los niveles de corriente que se manejarían correspondientes a cada voltaje de alimentación, ya que, a mayor voltaje, menor corriente. Sin embargo, en la práctica para lo que realmente fue diseñado el equipo dependería de una batería de carro (12Vdc) o camión (24Vdc) para la utilización del mismo. Ahora en este caso, se podría instalar una fuente de voltaje en la entrada, que es cómodo, conveniente, pero costoso y relativamente espacioso; también se puede tomar una fase de alimentación (120Vac), luego bajar el nivel de tensión con un transformador a 12Vac o 24Vac y por ultimo rectificarlo. En la figura 4.4 se indica el diagrama de conexión a la entrada del DGC-2020.

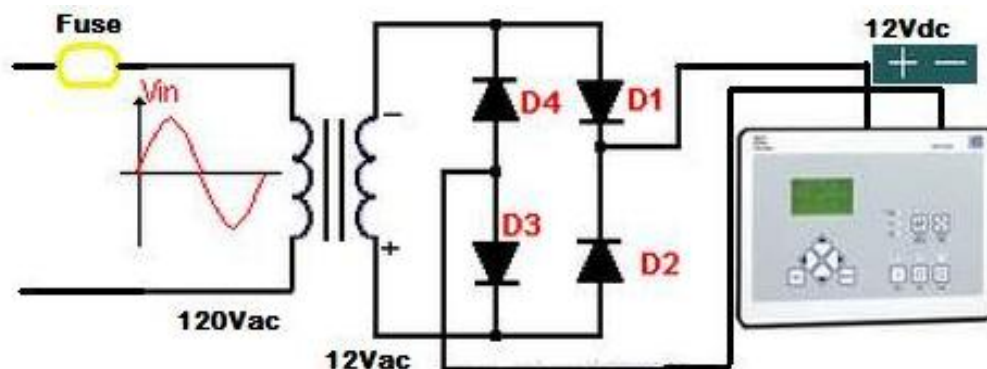


Figura 4.4 Esquema de conexión a la entrada del DGC-2020

Fuente: Elaboración Propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

2) Forma Práctica

Se presenta a continuación el diagrama formal de conexión como se va a realizar en el panel de simulación, es decir se toma alimentación de 120Vac transforma la tensión a 24 Vac y luego se rectifica para convertirlo en 24 Vdc, por último se conectan en los bornes 3 (+12 Vdc) y 2 (-12 Vdc) del controlador digital de grupos electrógenos. Con esto se logra que la tensión sea la adecuada u además podría ser de 12Vdc; en el diagrama a continuación tiene, de hecho, un fusible a la entrada o lado de alta del transformador en caso de que ocurra una falla por cortocircuito o sobre corriente.

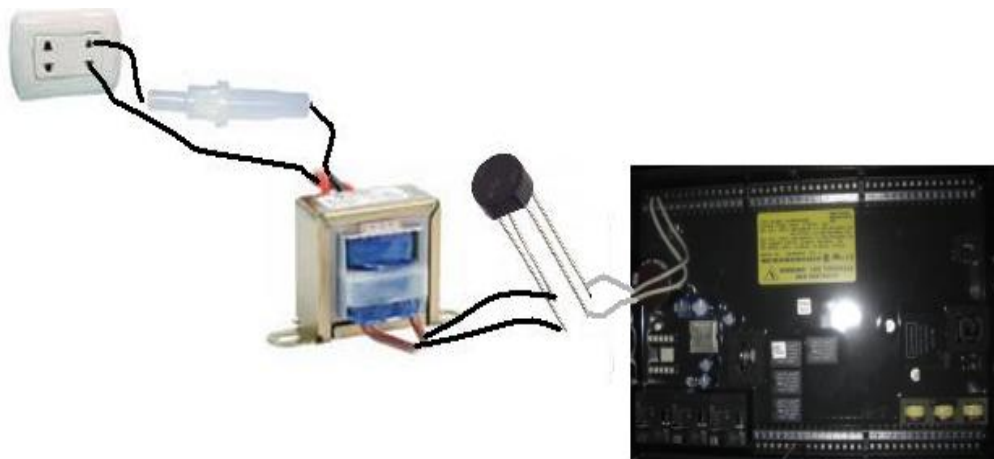


Figura 4.5 Diagrama de conexión práctico de alimentación al DGC-2020

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.5 se representa el diagrama de conexión a la entrada del DGC-2020, usando transformador y rectificador de onda completa.

4.1.1.1.2 Estructura de la conexión de la tensión de los contactos de entrada

El DGC-2020 una vez energizado, polariza los contactos de la entrada a +12Vdc en bornes de conexión, por lo que está esperando una señal de (-12Vdc) para la activación final de cada entrada digital del equipo. Esta conexión se realizara con botones interruptores on-off y con botones pulsadores normalmente abiertos (NA). En la figura 4.6 se muestra el esquema de conexión de las entradas al DGC-2020.

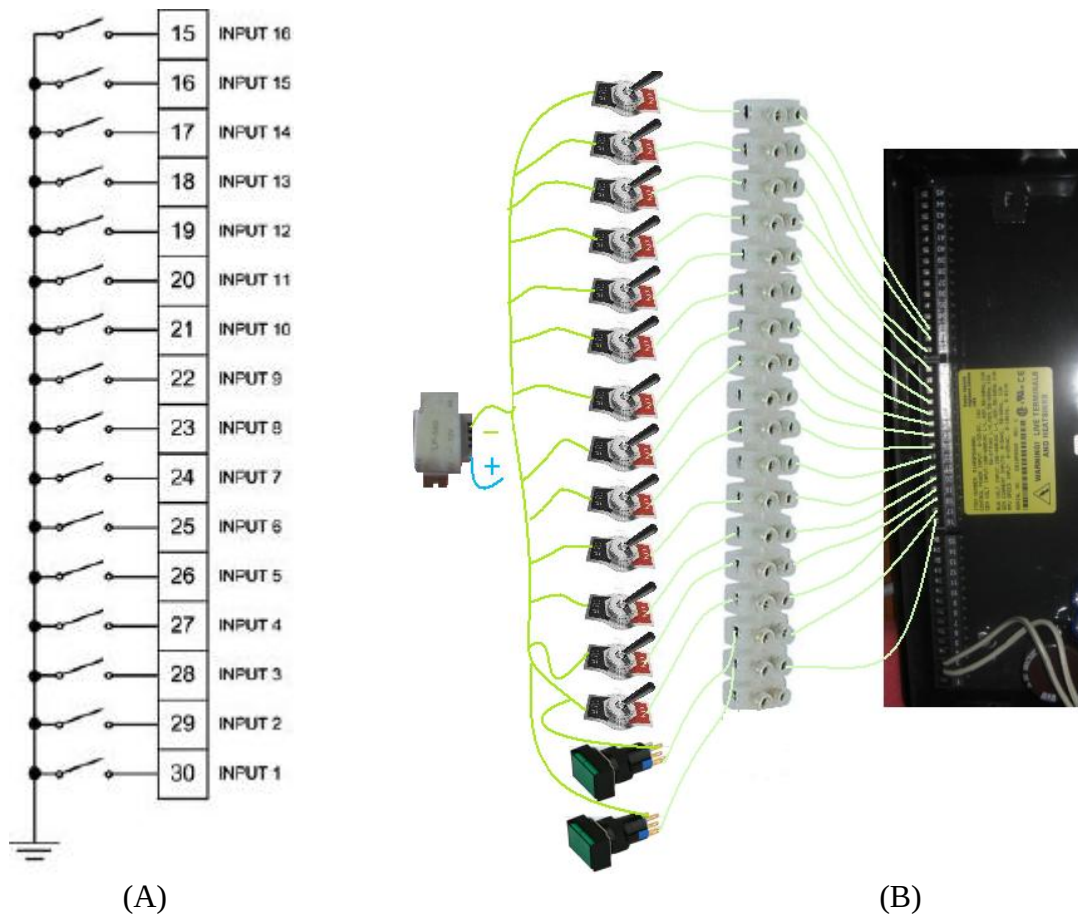
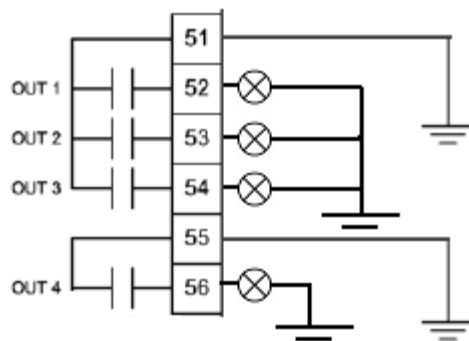


Figura 4.6 Diagrama de conexión de las entradas. A) Forma esquemática. B) Forma física

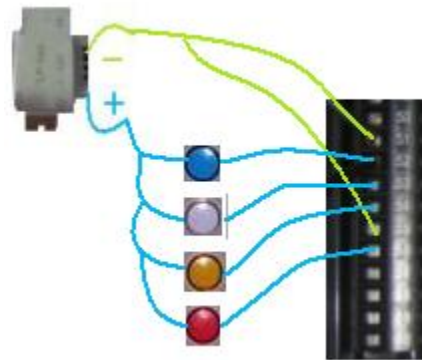
Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.1.3 Estructura de la conexión de la tensión de los contactos de Salida

Las salidas digitales, que según el número de estilo y modelo del DGC-2020 son cuatro, en las cuales se simulará el proceso de abrir y cerrar interruptores tanto del generador como de la red, aunque simplemente son salidas a 12V o 24V, las cuales podrían usarse en cualquier aplicación de automatización. Para las conexiones se puede realizar de 2 formas, colocando +12Vdc en las luces pilotos y -12Vdc en los bornes común (51 y 55); o realizarlo de forma contraria, es decir, el positivo de la batería en los bornes de toma común y el negativo de la batería en las luces pilotos. En la figura 4.7 se muestra el esquema de conexión de las salidas al DGC-2020.



(A)



(B)

Figura 4.7 Diagrama de conexión de las salidas digitales. A) Forma esquemática.

B) Forma física

Fuente: Elaboración Propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS**4.1.1.1.4 Contactos de salidas del DGC-2020 hacia el motor**

El DGC-2020 cuenta con tres juegos de contactos de salida con funciones definidas: Pre, Start y Run. Los contactos Pre transmiten la alimentación de la batería a las bujías de calentamiento del motor; los contactos Start, al solenoide de arranque; y los contactos Run, al solenoide de combustible. Las conexiones a los tres juegos de contactos se efectúan directamente en cada relé mediante el uso de bornes hembras de conexión rápida con ficha de 1/4". [4]

Para la conexión al equipo es de manera similar que con los 4 contactos de salida del DGC-2020, lo único es que se le coloca un accesorio porque la tensión es la misma pero la corriente es mayor, debido a que van conectados a las partes del motor tales como bujías o solenoides.

Existen 3 juegos de contactos de salida: **Pre, Start, Run.**

PRE- Alimentación de la salida de la batería (12 Vdc) a las bujías de calentamiento del motor.

START- Alimentación de la salida de la batería (12 Vdc) al solenoide de arranque del motor.

RUN- Alimentación de la salida de la batería (12 Vdc) al solenoide de combustible del motor. En la figura 4.8 se presenta el diagrama de conexión de las salidas Pre, Start y Run al DGC-2020.

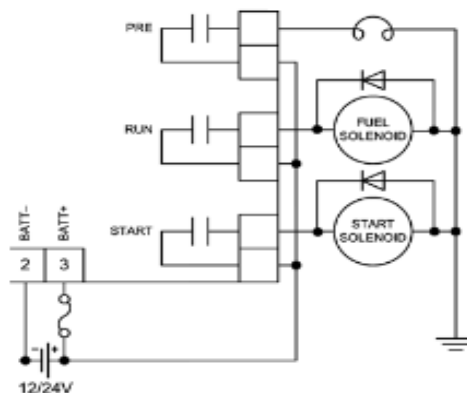


Figura 4.8 Diagrama de conexión de las salidas Pre, Start, Run

Fuente: Manual DGC-2020



4.1.1.1.4 Dispositivos externos de complemento al DGC-2020

1) AEM-2020 (módulo de expansión analógica)

El AEM-2020 es un dispositivo auxiliar opcional que facilita varias entradas y salidas analógicas adicionales para el DGC-2020.

El AEM-2020 provee ocho entradas analógicas remotas, ocho entradas rtd remotas, dos entradas termopar y cuatro salidas analógicas para el DGC-2020. El módulo AEM-2020 comunica con el DGC-2020 mediante una interfaz can bus. [4]

2) CEM-2020 (módulo de expansión de contacto)

El CEM-2020 es un dispositivo auxiliar a distancia que proporciona salidas y entradas de contacto al DGC-2020. Dos tipos de módulos están disponibles. Un módulo de corriente baja (CEM- 2020) ofrece 24 contactos de salida y un módulo de corriente alta (CEM-2020H) ofrece 18 contactos de salida.

El CEM-2020 opcional presenta 10 entradas por contacto adicionales y 18 o 24 contactos de salida adicionales (en función del tipo de modulo) para el DGC-2020. El CEM -2020 se comunica con el DGC- 2020 mediante una interfaz can bus. [4]

3) LSM-2020 (módulo de reparto de carga)

El módulo de reparto de carga (LSM-2020) es un dispositivo auxiliar a distancia que funciona como interfaz para DGC-2020 y proporciona salidas analógicas al sistema eléctrico bajo la forma de señales de desviación analógicas al regulador de tensión y al regulador de velocidad. Cuando el disyuntor está cerrado y el reparto de carga está deshabilitado, el LSM-2020 repartirá la carga de potencia real

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

proporcionalmente con los otros generadores de la línea de reparto de carga analógica.

El LSM-2020 opcional (módulo de reparto de carga) junto con el DGC-2020 permite el reparto de carga entre los reguladores mediante una línea de reparto de carga analógica. El LSM-2020 se comunica mediante un puerto Ethernet y permite el acceso al dgc-2020 mediante el Ethernet. [4]

4.1.1.2 Estudio del software BESTCOMSPlus versión 2.07.01

Respecto a la programación del dispositivo, se realizó en el software de fabricante BASLER ELECTRIC para el controlador digital de grupos electrónicos que es BESTCOMSPlus versión 2.07.01, como se ha dicho anteriormente basado en compuertas lógicas programables. Entre muchas otras cosas se conoció las distintas opciones de configuraciones del generador, motor, sensor niveles de tensiones distintas, entradas y salidas por contacto, por citar algunas. En la figura 4.9 se presenta la imagen inicial del programa BESTCOMSPlus.

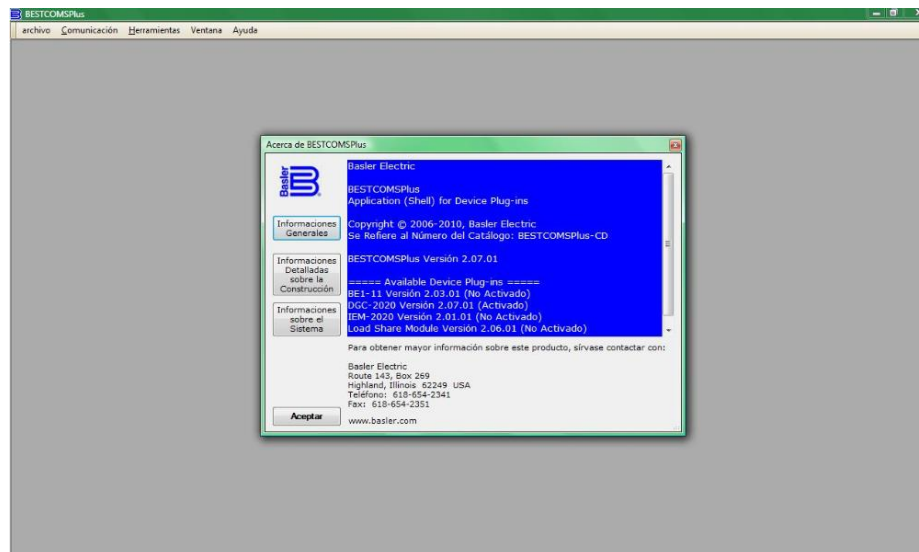


Figura 4.9 Imagen inicial del Software BESTCOMSPlus

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

Inicialmente el software luego de la respectiva instalación de el cd que incorpora el equipo, y siendo primera vez, por seguridad no va a tener acceso al programa, ni a la simulación (Ejecución en tiempo real), debido a que se debe colocar un dispositivo controlador DGC-2020 por puerto USB o RS-486 (solo para modelos antiguos), así el programa detecta que efectivamente existe comunicación entre PC-DGC y el programa está listo para usarse y programarse, sin la necesidad de la conexión obligatoria al controlador. Si no se conecta físicamente el DGC-2020 con el computador, no se podrá usar el programa, solo aparecerá la ventana principal, con un mensaje de activación, la otra opción es pedir un código por correo o llamando a la empresa BASLER ELECTRIC, ubicada en USA. Illinois. El mensaje en la pantalla principal te manda directamente al envío de correo electrónico. En la figura 4.10 se indica la activación inicial del DGC-2020 con el computador en el software BESTCOMSPlus.

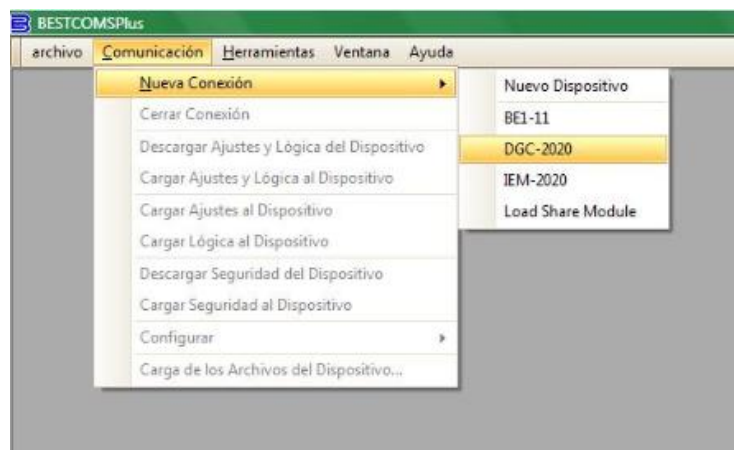


Figura 4.10 Activación del Software BESTCOMSPlus con una PC, por primera vez

Fuente: Elaboración propia

Este software de programación tiene la ventaja o utilidad de mostrar en línea (en tiempo real) lo que va sucediendo con el controlador, como el porcentaje de nivel de aceite del motor, temperatura en [°C] del motor, si la entrada x está habilitada; Esto representa gran ventaja al momento de programar, observar, y ejecutar alguna función específica en el DGC-2020.

4.1.1.2.1 Programación de las entradas por contacto

Para la programación de cada una de las 16 entradas digitales por contacto y una vez ubicados en el link BESTLogicPlus aparecerá una configuración inicial para abrir y cerrar los breakers tanto de la entrada de la carga (Bus) como a la salida de la carga (Gen), con ciertas entradas y salidas ya predefinidas por el software. En la figura 4.11 se presentan los disyuntores antes y después de la carga y la programación para cada uno de ellos usando el programa BESTCOMSPlus.

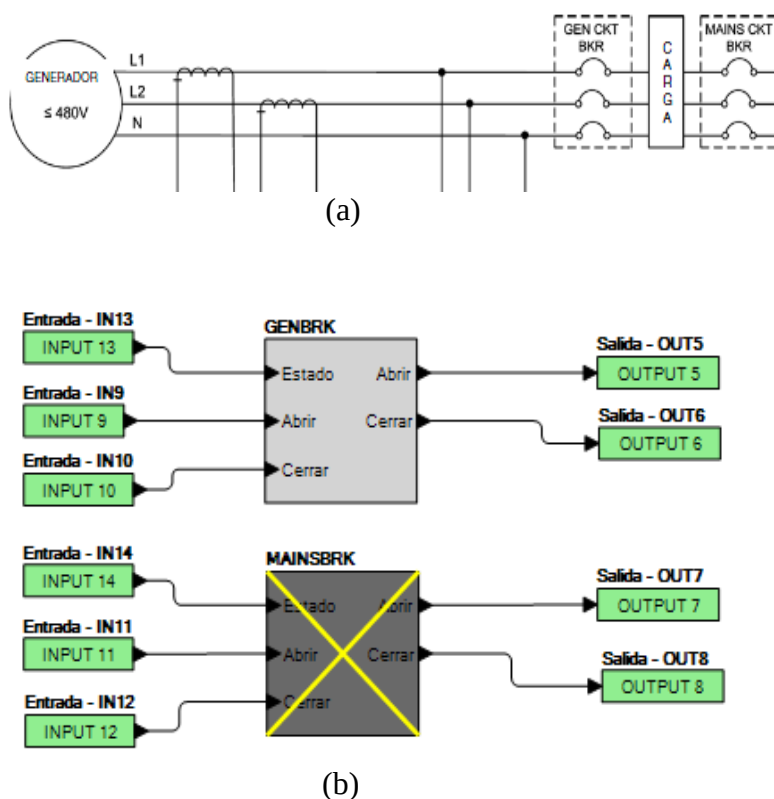


Figura 4.11 a) Breakers de conexión a la carga y luego de la carga

b) Programación de entradas y salidas de los breakers GENBRK y MAINSBRK

4.1.1.2.2 Programación de las salidas por contacto

Al conocer mediante el número de estilo del DGC-2020 que la cantidad de salidas son cuatro, entonces se programarán solo las cuatro salidas disponibles, sin tomar las otras tres salidas para el encendido y seguimiento del motor, las cuales no entran dentro de las salidas por contacto (salidas a 24Vdc). En la figura a continuación se muestra las cuatro salidas digitales accionadas por distintas entradas, es decir, las dos primeras por entradas físicas a 24v, la tercera es un botón de la HMI del DGC-2020 y la cuarta es, si se acciona la parada de emergencia. En la figura 4.12 se muestra la programación en BESTLogicPlus de las salidas por entradas distintas.

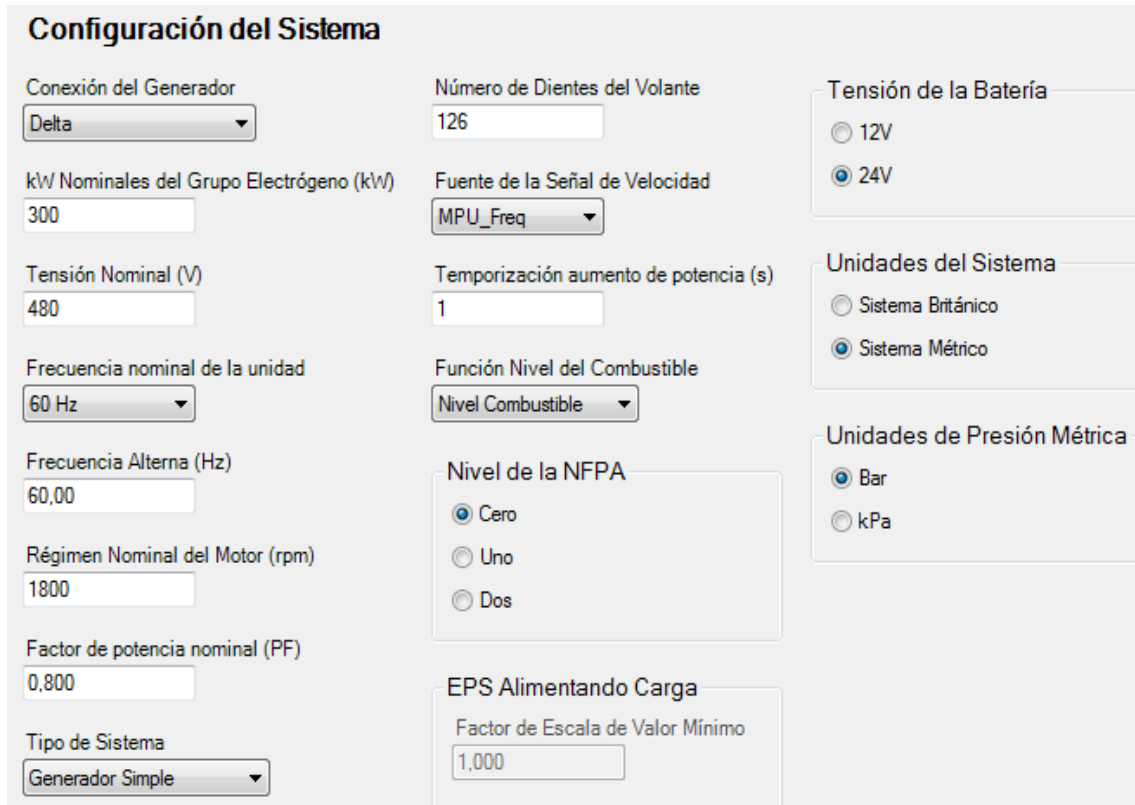


Figura 4.12 Accionamiento de salidas digitales por tres formas distintas

Fuente: Software BESTLogicPlus

4.1.1.2.3 Parámetros del sistema

Aquí encontramos las distintas opciones de las que dispone el software al momento de programar la conexión del generador (monofásica, delta, estrella o trifásica) el número de dientes o ranuras del generador, el nivel de tensión de la batería, frecuencia del generador, entre otros. Este paso es importante a la hora de instalar el equipo debido a que se debe conocer con exactitud cuál es el transformador a utilizar, sus características y potencia. En la figura 4.13 se observa la configuración del sistema.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS**Figura 4.13** Configuración del sistema**Fuente:** Software BESTLogicPlus

4.1.2 Fase n° 2: Selección de los componentes eléctricos y electrónicos a utilizar en el panel.

En primera instancia hay que tener claro el proceso que se va a realizar con el panel del controlador, para ello, existe varias opciones de implementar la simulación propia del controlador, es decir, para lo que realmente fue diseñado, la cual es para el control digital de grupos electrógenos o motor generadores, en otras palabras, monitoreo, control y acciones sobre la tensión de alimentación de la carga (red suministradora de energía eléctrica) y la del generador.

En la selección de los dispositivos finales a utilizar en el panel, sin duda existen decenas de opciones para la implementación del panel, sin embargo, al tener presente



DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

la idea de simular principalmente la reconexión de energía eléctrica cuando esta falla, se reducen a cantidades un poco inferiores, algunos de ellos podrían ser:

- Sensor de temperatura
- Motor-Generador Diesel
- Tanque cúbico para líquido
- Botón interruptor dos posiciones (ON,OFF)
- Botón pulsador (NO normalmente abierto, NC normalmente cerrado)
- Luz Piloto 120 Vac
- Luz Piloto 24 Vdc
- Luz Piloto 12 Vdc
- Fuente de Tensión
- Transformador 120 Vac/12-24 Vac
- Variadores de Velocidad de motor
- Sistema monofásico de voltaje, sistema trifásico de voltaje
- Relés 12 Vdc
- Relés 120 Vac

Sin embargo, considerando posibilidad económica, de operatividad o funcionabilidad, dimensión o tamaño y movilidad, teniendo como prioridad tamaño del laboratorio y facilidad para los estudiantes, se han seleccionado materiales eléctricos y electrónicos con disponibilidad relativamente sencilla de conseguir en locales comerciales actuales y también propios del laboratorio.

En el mercado de la actualidad se pueden encontrar variedades, mas sin embargo, todos convergen en los mismos materiales electrónicos, es por ello que se decide escoger elementos que vayan acorde al tamaño del equipo y del panel a simular. En la tabla 4.1 están plasmados los elementos totales a utilizar en el panel.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

Referencia	Significado	Voltaje
A	Tension Alimentacion	120 Vac
R1	Potenciómetro tipo Dimmer	120 Vac
R3,R4,R5	Potenciómetro tipo perilla, 1-2 Watt	24 Vdc
Int-1, Int-2	Interruptor manual dos posiciones on off	120 Vac
Int-3, Int-4...Int-14	Interruptor manual dos posiciones on off	24 Vdc
Rel-1, Rel2	Relé con 2 contactos NA , 2 contactos NC	120 Vac
PUL-1, PUL-2, PUL-3,PUL-4	Boton pulsador manual	24 Vdc
LP1,LP2,LP3,LP4,LP5	Luces Piloto	24 Vdc
Rect	Rectificador Onda completa	-
T1	Toma de voltaje	120 Vac
RE1,RE2,RE3,RE4,RE5	Regleta	-
Trf1,Trf2,Trf3	Transformador 1 ϕ 120/24- 3 Amp	120 Vac/ 24 Vac
PE	Boton Pulsador NC, Parada de emergencia	24 Vdc
R2	Resistencia fija	120 Vac
IP	Interuptor Principal	120 Vac

Tabla 4.1 Materiales escogidos para la simulación

Estos equipos eléctricos y electrónicos fueron aprobados por la empresa IREMCA, tanto para la realización de panel de simulación como también para costear parte de todos los elementos eléctricos a utilizar, así como cables, la madera MDF (Medium Density Fibreboard, son las siglas en inglés de "tableros de fibra de *madera* de media densidad") para el soporte, entre otros.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

Entre muchos de los elementos que se adquirieron uno de ellos fueron los botones pulsadores normalmente abierto y cerrado para el caso de parada de emergencia; estos botones en el mercado y en el mundo de la automatización se encuentran básicamente de colores verde, rojo, amarillo y azul e incluso algunos luminosos. La mayoría de los pulsadores son micro botones, para el uso de protoboard, y aplicaciones de mili amperios, para los cuales en este caso no es de utilidad, sin embargo, también existen para la automatización en industrias, residencias e incluso centros comerciales. Entre toda esta variedad se escogieron los botones pulsadores mostrados en la figura 4.14.

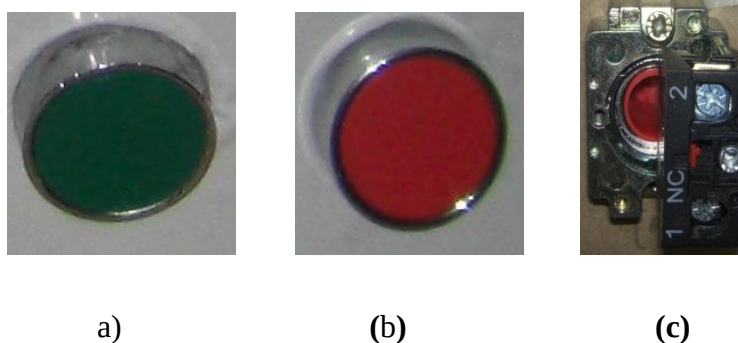
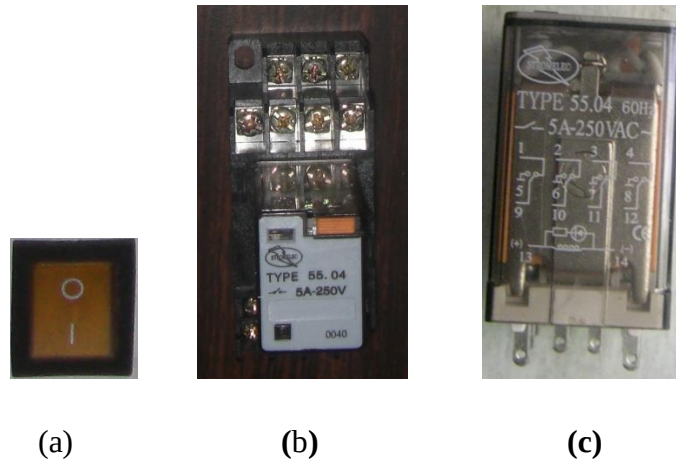


Figura 4.14. Botón pulsador a) NO normalmente abierto
b) NC normalmente cerrado c) Imagen posterior de los pulsadores

Fuente: Elaboración propia

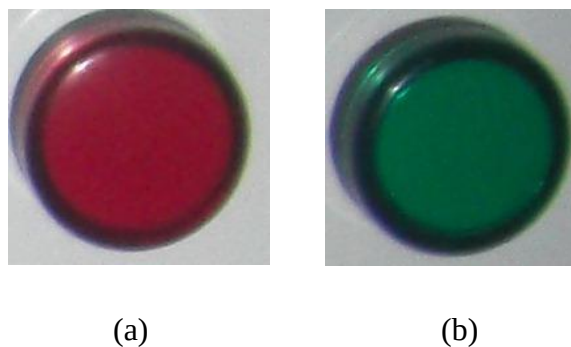
Además de botones pulsadores para las entradas digitales programables, se necesita llevar tensión de 120 Vac directamente al equipo para la simulación de la tensión de bus y la tensión del generador en el controlador digital DGC-2020, esto se realizó con interruptores 120V conectados en serie con la bobina de un relé de 110Vac, para más detalle de la conexión eléctrica referirse al plano de la figura 4.19. En la figura 4.15 se muestra el relé utilizado y el botón interruptor para activación de la bobina del relé.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS**Figura 4.15** Relé de 110Vac-5A

- a) Interruptor para activación de relé b) vista superior de la Base de relé
c) Conexiones eléctricas para los contactos

Fuente: Elaboración propia

Se van a usar luces pilotos a fin de representar lo que en realidad sería el abrir y cerrar de breakers, en la práctica correspondería a la energización de una bobina de 24V para abrir o cerrar físicamente los disyuntores de alta potencia para así la energización ya sea por el generador, o por la tensión natural de la red. En la figura 4.16 se muestran las luces pilotos utilizados para señalización de disyuntores y salidas digitales en general.

**Figura 4.16** Luz piloto 24 Vdc

- a) Luz piloto roja b) Luz piloto verde

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

Los transmisores o sensores que van colocados al motor para su protección, se simularon con resistencias variables o potenciómetros los cuales según el manual de usuario tiene valores de resistencia distintos (300 ohm, 300 ohm y 3500ohm), por lo cual se conectaron como indica el manual del DGC-2020. Para el exterior se usó una perilla movable a fin de dar una mejor presentación al panel de simulación. En la figura 4.17 se muestran los potenciómetros usados para la simulación de los transmisores de presión de aceite, temperatura de refrigerante.



Figura 4.17 Potenciómetro de 1 W

- a) Potenciómetro de 500 ohm
- b) Perilla para el potenciómetro

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la alimentación, como el dispositivo no tiene integrado la fuente de voltaje, se escogieron luego de un previo estudio de carga, del total de los elementos y del consumo principal del DGC-2020, tres transformadores monofásicos de 120 Vac, 24 Vac con neutro- 3 amperios, a fin de garantizar la corriente necesaria para todo el panel de simulación. En la figura 4.18 están los transformadores utilizados para la alimentación y consumo en general del DGC-2020.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS



Figura 4.18 Transformadores 120Vac/24Vac- 3 Amp

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Fase n° 3: Diseño del panel de simulación frontal y trasero

Una vez escogido los materiales, todos y cada uno, en cuanto a las variables eléctricas (como voltaje, corriente y potencia) y variables físicas (como color y tamaño), se procede a diseñar planos eléctricos y físicos del panel de simulación el cual ahorrará, tiempo y dinero a la hora del montaje y a su vez evita pérdidas como de daño de equipo, compras innecesarias de elementos entre otros.

Además tomando las normas de la empresa IREMCA para la realización de plano eléctrico, mecánico, cableado, y sugerencias de dimensiones, se realizaron planos en el programa MICROSOFT VISIO, el cual es relativamente sencillo el diseño de planos, debido al del interfaz gráfico y también por la gran variedad en su librería de dispositivos de Ingeniería Eléctrica, tales como resistencia, transformadores, pulsadores, interruptores. En la figura 4.10 están los transformadores utilizados para la alimentación y consumo en general del DGC-2020. En la figura 4.19 se presenta el plano eléctrico presentado a la empresa IREMCA.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

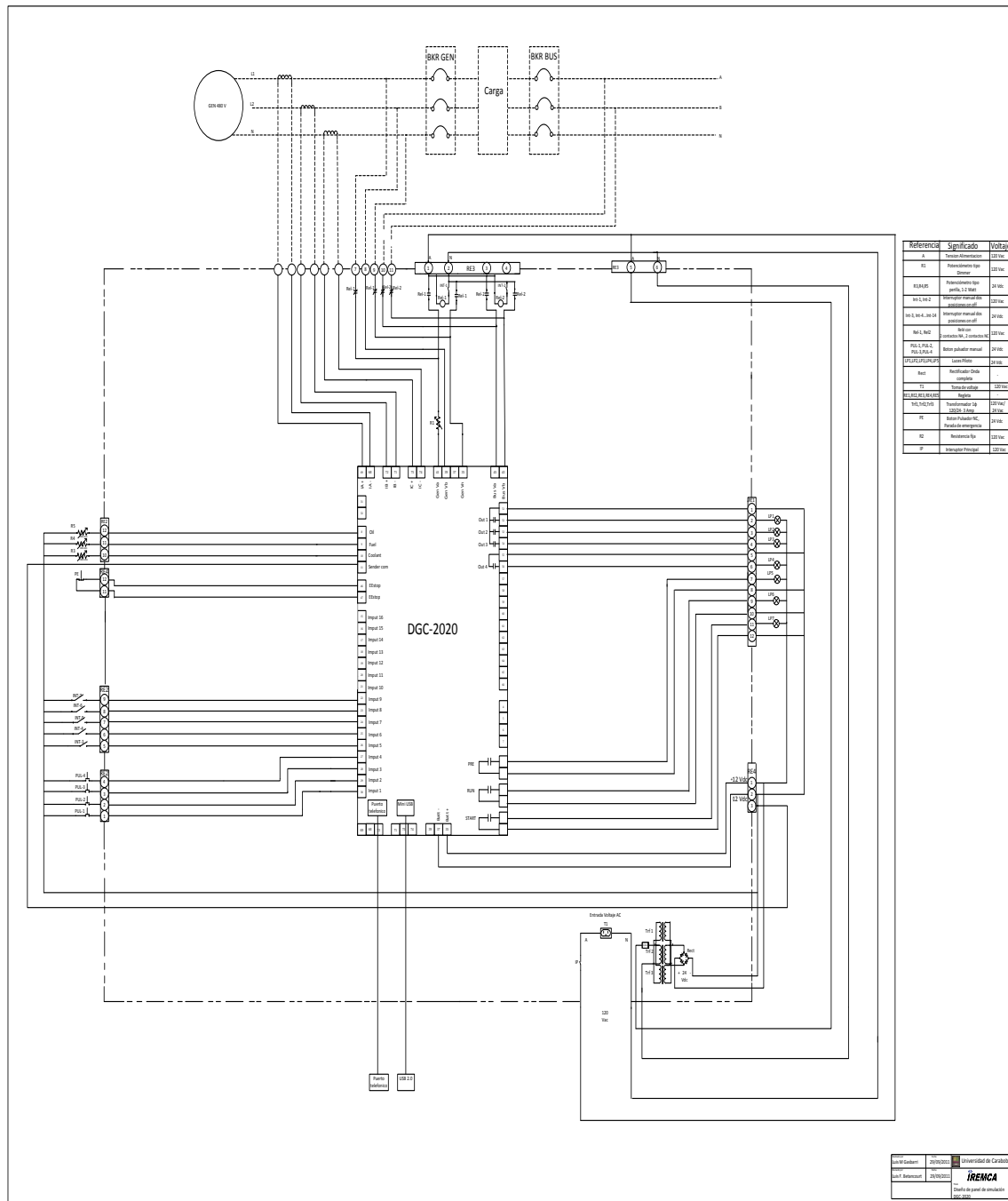


Figura 4.19 Plano eléctrico aprobado por la empresa IREMCA

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

El plano eléctrico presentado en la figura 4.19 representa toda la conexión eléctrica existente en el panel de simulación, entre algunas notas importantes, a la entrada del dispositivo controlador se le coloca el terminal negativo de la batería en este caso (-12V ó +12V) según sea el caso, esto es un conflicto con los equipos utilizados regularmente en el laboratorio de automatización industrial, la cual en la entrada se conecta con +24Vdc. Entre otras se observa que hay tomas de voltaje en el equipo de 120Vac, así como también tomas y alimentación de 24Vdc, presentándose dos niveles de tensión simultáneamente. Además de esto, se dejó una regleta específicamente para la conexión futura a un motor-generator representado en la parte superior del plano, a fin no solo de simular, sino también de implementarlo directamente en bornes del generador y de la red. En la figura 4.20 se presenta el plano físico presentado a la empresa IREMCA.

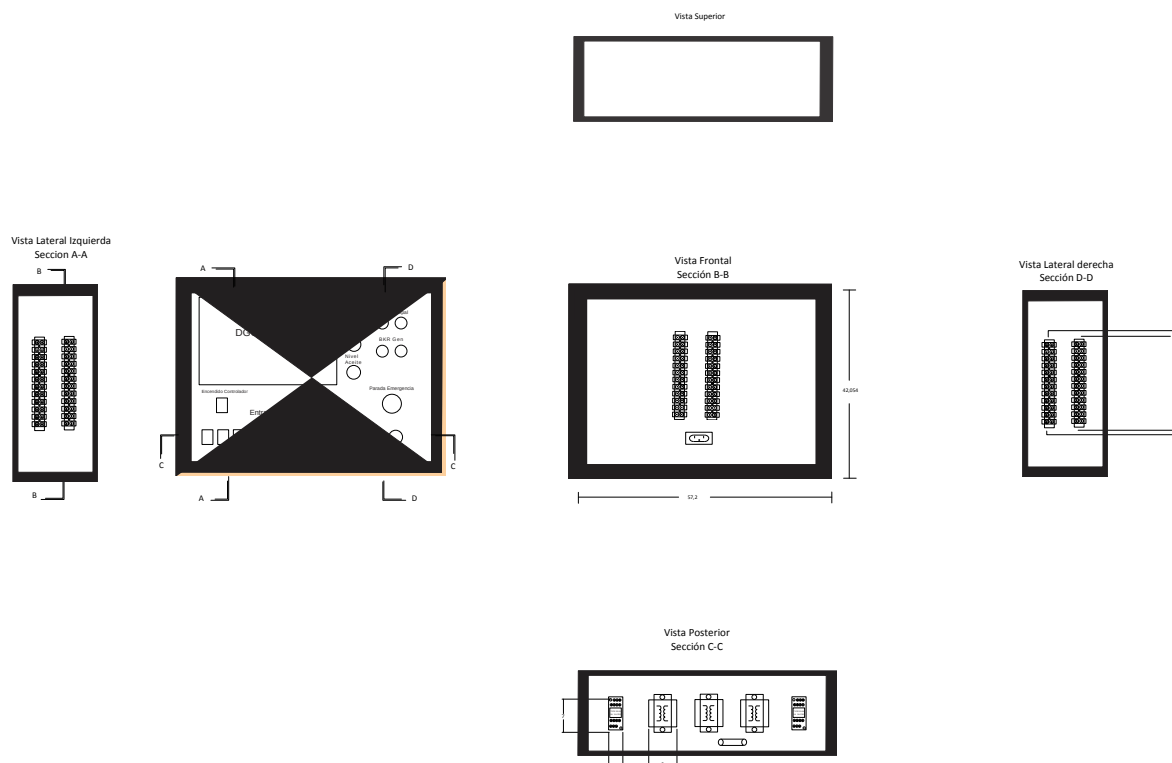


Figura 4.20 Plano mecánico o físico aprobado por la empresa IREMCA, vistas frontal, laterales y de frente

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

En el plano de la figura 4.20 se observa la distribución espacial con que se organizó el panel de simulación, las dimensiones están expresadas en centímetros y se realizó en el software **COREL DRAW X5**, el cual, fue de gran utilidad por la simplicidad en el manejo, además de la precisión entre puntos (zoom) que este presenta, se pudo diseñar el panel a escala, tanto la estructura base, como los materiales eléctricos y electrónicos a utilizar siendo de comodidad la ubicación correcta en el lugar más propicio.

Se pensó utilizar principalmente en dos opciones para la base en donde se iban a colocar el controlador digital DGC-2020 y cada dispositivo electrónico, una de ellas es metal ligero (láminas de aluminio por ejemplo) pintado en color gris estándar, idea propuesta por la empresa **IREMCA** y la otra opción era de madera MDF 9mm. De estas, se escogió la última opción por su simpleza de trabajo, costos generales, nivel de exactitud y disponibilidad de material y personal de trabajo. En la figura 4.21 se muestra el diseño de la base para la colocación del DGC-2020 y los dispositivos electrónicos.

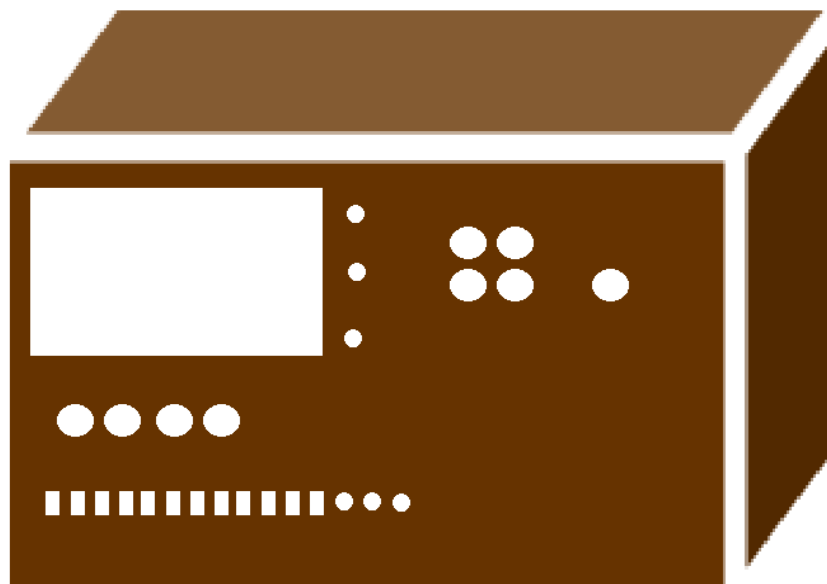


Figura 4.21 Diseño de la estructura del panel de simulación

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

Para la selección de los elementos electrónicos, se refirió al manual del DGC-2020 a fin de ver la potencia de alimentación del equipo, valores de tensión al conectar los elementos, así como también la forma de conexión. A continuación se presenta el diseño físico de la vista frontal, latera y superior del panel. En la figura 4.22 se observa el diseño del panel para el DGC-2020.

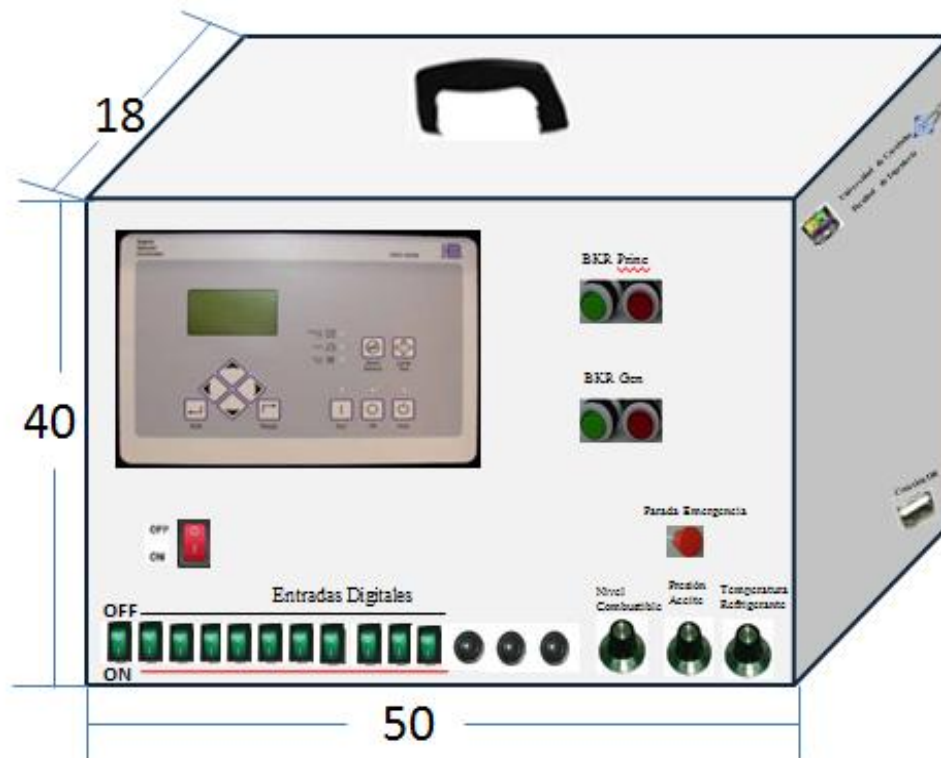


Figura 4.22 Diseño físico del panel frontal

Fuente: Elaboración propia

Entre las características de este panel frontal se tienen las especificaciones siguientes:

- El DGC-2020 está ubicado en la esquina superior izquierda para la visualización en la HMI integrada cuando se manipulan las entradas y los elementos totales no se pierda de vista la simulación en tiempo real del controlador, sin embargo



DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

esta podría referirse a un computador conectado al equipo por puerto USB o RS-485 (para modelos más antiguos).

➤ Tres potenciómetros o reóstatos ubicados al inferior del equipo, con el fin de manipularlos lo más preciso de la visión en tiempo real de la HMI; Cada uno de ellos tiene valor en ohm distintos. Con ellos se simula la temperatura del motor, presión de aceite y nivel de combustible. Para así poder activar una señal de alarma por una de las salidas, o también realizar la programación adecuada de acuerdo a los valores en pantalla.

➤ Las “entradas digitales” ubicadas en la parte inferior del panel para así, no interrumpir la lectura del equipo. Se colocaron dos tipos de entradas digitales, botón interruptor on-off, y pulsador normalmente abierto. Los interruptores son de tipo iluminado color verde, pero solo para tensión de 120Vac, y los pulsadores son de tipo circular color verde también de 120 Vac, sin embargo las tensiones a utilizar son de 24 Vdc.

➤ Salidas representadas por luces pilotos las cuales están ubicadas a la derecha del DGC-2020 para visualización rápida, cada una de ellas es de 24Vdc y consume 25 mA, con ellas se simula el abrir y cerrar interruptores de alta potencia, es decir, usados para devolver la energía eléctrica a la carga usando un generador. Además de estos cuatro luces pilotos tenemos otros tres que simulan el arranque y funcionamiento del motor generador, ellos tienen las mismas características que las luces mencionadas anteriormente.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

4.1.4 Fase n° 4: Construcción formal del panel de simulación

Para la elaboración de todo el panel, se recurrió tanto a distintas personas para su elaboración, y se hizo en varios pasos presentados a continuación:

1) Construcción de la base o estructura del panel

En la construcción del panel se utilizó una lámina de madera MDF para toda la carcasa, la cual fue cortada a medida que están estipuladas en la figura 4.15 por parte de la ferretería. Se pensó en un momento en utilizar una estructura metálica de base, pero por la dureza, simplicidad, resistencia y peso de la madera, no fue necesario. A continuación se muestra una imagen de la estructura del panel vista desde frente. En la figura 4.23 se muestra la fotografía de frente a la estructura de madera.



Figura 4.23 Estructura de madera del panel frontal

Fuente: Elaboración propia

Para la realización de la estructura luego de haber cortados las piezas a medida, se colocó pegamento en cada borde con cada pieza, y se atornillo con precisión con dos tornillos a cada lado, menos en la cara de atrás ya que es removible solo se le atornillaron en las esquinas, con el fin de alguna falla, remover o colocar cableado,

así como también dispositivos electrónicos. Después de colocar el pegamento y ajustar todos los tornillos se procedió a lijar cada una de las caras del panel para dejar la superficie lo más pulida posible.

2) Elaboración de orificios para cada elemento

Como ya se tienen los dispositivos a utilizar se midieron cada uno para así ser cortados con las correspondientes medidas, y encajar lo más preciso y justo de la madera, para que a la hora del cableado no influya, ni se suelte. Cabe destacar que todos los pulsadores (cinco en total) se tuvieron que hacer con dos mechas de taladro sierra copa, debido al diseño del pulsador, esto se realizó además con cada luz piloto, quedando a la final dobles orificios por cada pieza. En la figura 4.24 se observa cómo queda por la parte de atrás de cada luz piloto.



Figura 4.24 Orificios realizados con dos mechas sierra copa

Fuente: Elaboración propia

Este paso es fundamental para la construcción del panel debido a la precisión que se requiere, tanto de cada pieza (botón interruptor, pulsadores, y otros) como del espacio que ocupa el equipo DGC-2020 para estar lo más ajustado posible y que calcen los cuatro tornillos de fijación al panel. Sin embargo, la madera es un material bastante dócil a la hora de trabajarlo, ya que si no es la medida correcta se puede

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

retocar con la ayuda de una lija o papel de lija para los pequeños detalles. En la figura 4.25 se presenta una fotografía de cómo queda la base luego de abrir los orificios a cada elemento



Figura 4.25 Orificios a medida en la madera del panel frontal

Fuente: Elaboración propia

3) Colocación del papel para cubrir el panel de simulación

Luego de haber realizado los orificios y comprobado que todas y cada una de las piezas se ajuste perfectamente en el panel se pasó a la aplicación del papel se realizó con papel autoadhesivo blanco, el cual se fue colocando a través de cada una de las caras del panel, siguiendo un orden y el exceso de papel (2 cm aproximadamente) siempre se dejaba hacia la parte interior de forma que al colocar la tapa posterior, no se vean los recortes finales. Asimismo las esquinas fueron recortadas en forma diagonal y luego con dos cortes para su doblez, antes mencionado. Es importante mencionar que se debe ir colocando el papel lentamente

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

con la ayuda de la mano para así evitar burbujas de aire que se alojen entre el papel y la madera. En la figura 4.26 enseña la estructura cubierta por el papel autoadhesivo.



Figura 4.26 Colocación del papel autoadhesivo en la madera del panel frontal

Fuente: Elaboración propia

4) Fijación de cada uno de los elementos del panel

Después de haber colócalo el papel y asegurado de que no existe aire, se procedió a la ubicación y fijación de los elementos a utilizar, distribuyéndolos de acuerdo al plano y la eficiencia de espacio entre ellos y del panel. También se consideró el peso de cada dispositivo, por ejemplo los transformadores se ubicaron en la parte inferior del panel, como se muestra en el plano de la figura 4.19. Se presenta en la figura 4.27 la siguiente fotografía con la ubicación y fijación de cada elemento.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS



Figura 4.27 Ubicación de los elementos y cableando

Fuente: Elaboración propia

5) Cableado del DGC-2020 con los dispositivos electrónicos

Por último y luego de la ubicación de los elementos en todo el panel se pasó a la etapa de cableado, se usó para ello el cable 18 AWG color negro, esto para todos los equipos menos para la corriente del generador el cual se utilizó cable 10AWG (información suministrada por la empresa IREMCA), el cableado en general se realizó de la siguiente manera:

- Con la ayuda del plano eléctrico y enumerando cada uno de los dispositivos, regletas, transformadores, relés, interruptores.
- Se pasó de los dispositivos eléctricos a la regleta número “n” (al final se necesitaron cuatro regletas) empezando por las luces pilotos, es decir, de un terminal de la luz piloto, a una de la regleta. Este paso se hizo con las siete luces piloto.



- Lo propio se aplicó para los interruptores, cada uno de ellos tiene un borne común, por lo cual se escogió el de abajo (fueron ubicados en forma vertical)

4.1.5 Fase nº 5: Programación y puesta en marcha del panel de simulación.

Para la puesta en marcha del equipo en el panel se realizaron dos programas a prueba basados en el funcionamiento principal del equipo, es decir, el monitoreo y control de la tensión de la red y encendido de un grupo electrógeno, debido a que es uno de los primordiales objetivos de esta investigación. Para la simulación se colocó como disyuntores (breakers) principales y del generador cuatro luces pilotos. El programa de prueba#1 es el siguiente:

Utilizando el controlador digital de grupos electrógenos DGC-2020 y el panel de simulación, represente un proceso en donde ocurran las siguientes acciones:

- 1) No existe tensión de la red
- 2) simule que ha llegado la tensión de la red, muestre la tensión en la HMI y en la PC
- 3) Vuelve a quedar sin tensión la red.
- 4) Enciende el motor-generador desde el computador.
- 5) Luego de cinco segundos cierra el breaker del generador.
- 6) La tensión de bus vuelve a llegar.

Notas:

- La luz piloto roja superior es la que simula abrir el breaker de la red
- La luz piloto verde superior es la que simula cerrar el breaker de la red
- La luz piloto roja inferior es la que simula abrir el breaker del generador
- La luz piloto verde inferior es la que simula cerrar el breaker del generador
- Si la red llega estando el generador en funcionamiento, tiene que abrirse el breaker y el generador si puede quedarse en funcionamiento.
- No puede cerrarse el breaker del generador si existe la tensión de la red.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

Para la solución de este programa se ha planteado el siguiente diagrama de flujo en la figura 4.18, el cual es útil para la programación.

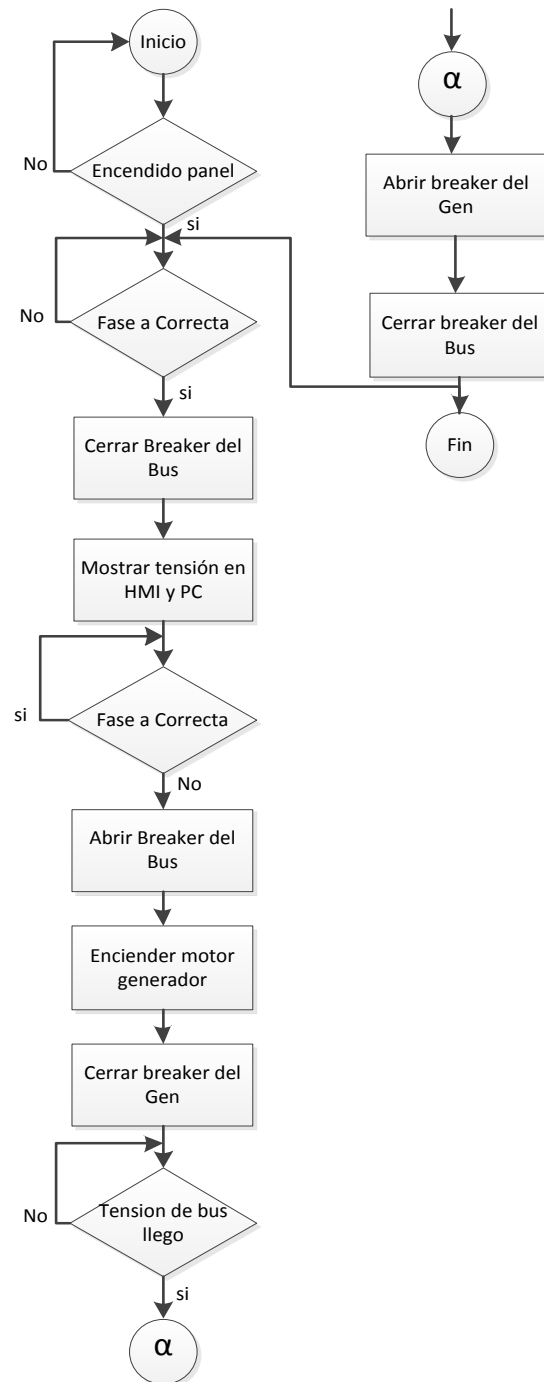


Figura 4.28 Diagrama de flujo correspondiente al programa de prueba

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

El programa correspondiente a la simulación de prueba #1 se realizó con el software BESTCOMSPlus y la lógica programable BESTLogicPlus y se muestra en la figura 4.29.

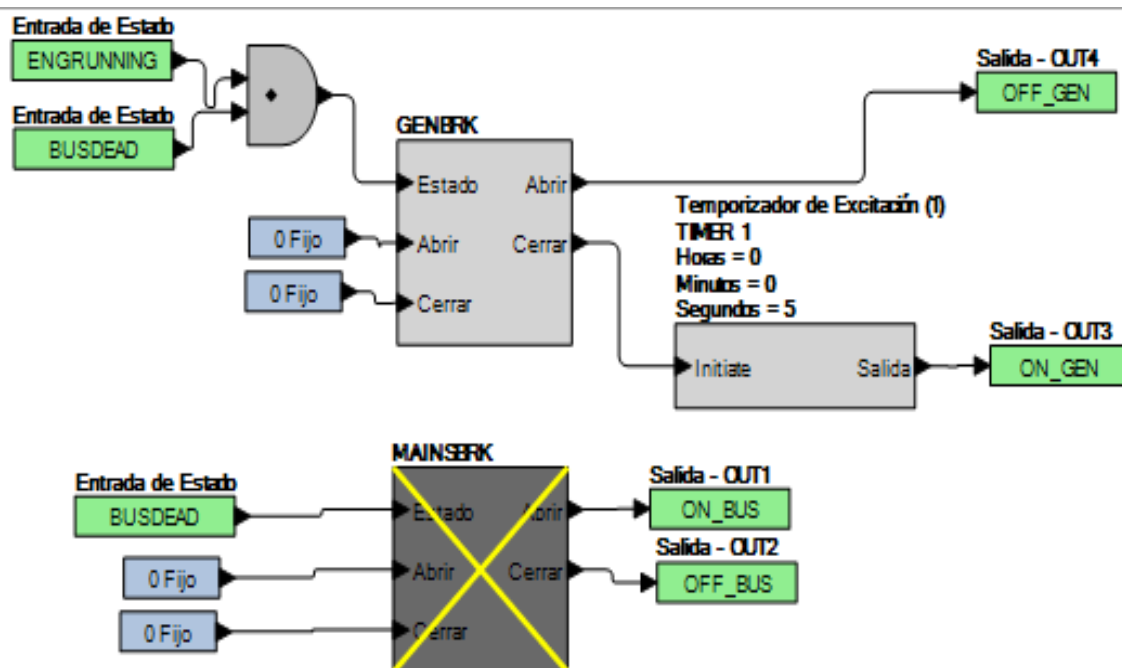


Figura 4.29 Programación correspondiente a la simulación de prueba

Fuente: Elaboración propia

En la programación en el software BESTCOMSPlus, se utilizaron los bloques de elementos MAINSRK y GENBRK, debido a que son los que controlan los disyuntores tanto de la red, como los del generador, existe también la posibilidad de no colocarlos y conectar las salidas directamente a las entradas con la ayuda de compuertas lógicas programables, este programa se muestra en la figura 4.30

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

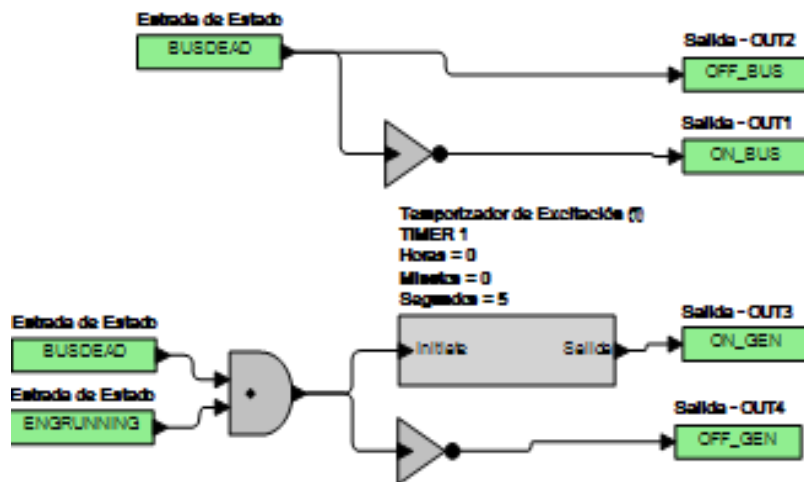


Figura 4.30 Programación opcional correspondiente a la simulación de prueba

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al panel de simulación en primera instancia se encendió, y en la pantalla de la HMI aparece LUIS GASBARRI, INGENIERIA UC; así fue programado inicialmente, luego las dos luces pilotos rojas están encendidas correspondiente a que no hay energía eléctrica ni el generador está activo. Posterior a esto, se presiona el interruptor VBus y se enciende la luz verde que se origina del cierre del breaker de la tensión propia de la red y se muestra la tensión en la PC y HMI la cual fue de 108 V, siguiendo, se presiona nuevamente el interruptor VBus para así cortar la energía y se muestra 0V, verificando que no hay energía y así poder encender el motor generador, el cual se encendió manualmente pulsando el botón RUN del DGC-2020 y encienden las tres luces de PRE, START, RUN dando la señal de encendido y cuando le damos al botón de interruptor Vgen, se enciende el motor generador y el bombillo RUN queda encendido, dando a entender que ya está funcionando el generador, y al esperar cinco segundos se ilumina la luz verde indicando el cierre del BKR del generador, y si volvía nuevamente la tensión de la red, se abre el BKR de generador. Este proceso se corroboró varias veces el cual fue exitosamente satisfactorio.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

En el Programa a prueba #2 se utilizó el banco de control de procesos existente en el laboratorio de automatización industrial II conectado con el panel de simulación para el controlador digital DGC-2020. Para ello, se utilizó el siguiente programa de prueba:

Realizar las siguientes actividades programando el DGC-2020 utilizando el banco de control de procesos existente en el laboratorio de automatización industrial II:

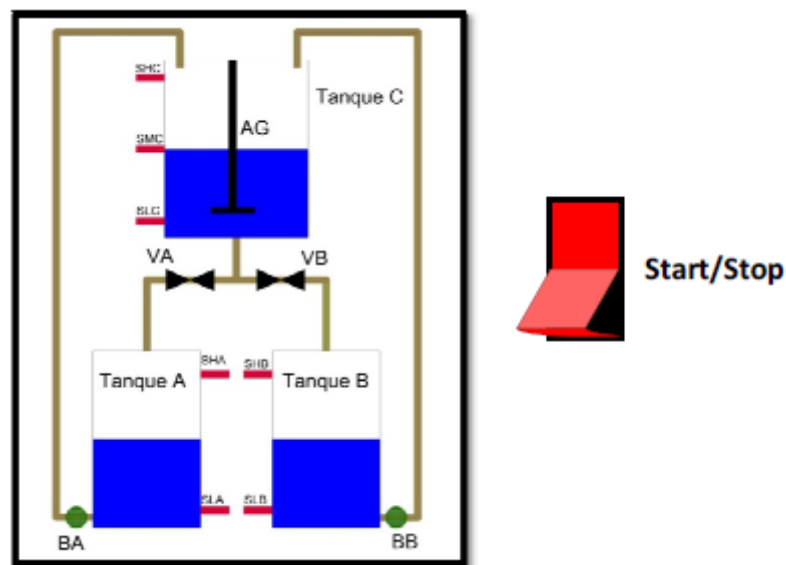


Figura 4.31 Banco de control de procesos

Fuente: Elaboración propia

- 1) Con los tanques A y B llenos y el C vacío y al accionar un interruptor se comienza a llenar el tanque de mezclado.
- 2) El tanque de mezclado se sigue llenando hasta llegar a su nivel máximo.
- 3) Cuando se detenga el llenado se vacía la mezcla hacia los tanques A y B con el agitador encendido accionando un pulsador 2.
- 4) Por último se vacía el tanque mezclador hacia los tanques A y B hasta que lleguen a sus niveles máximos respectivos, con lo cual se culmina el proceso.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

El DGC-2020 tiene incorporado 16 entradas digitales y cuatro salidas digitales a 24 Vdc, y para el proceso se tienen 7 entradas digitales (sensores de alta y baja de cada uno de los tanques) y 4 salidas digitales (dos válvulas y dos bombas).

Estudiando además el proceso del banco de control, la activación de las salidas es de 120 Vac, por lo que se necesita de 4 relés de 24 Vdc para la bobina y 120 Vac para la entrada de cada contacto de los relés; y para las entradas al DGC-2020 se necesitan de -12Vdc, es por ello que también se necesitan de 7 relés de 24 Vdc para la activación de la bobina. En las figuras 4.32 y 4.33, se muestran las conexiones de las entradas y salidas además de la interconexión de los dos bancos de proceso



Figura 4.32 Conexión de las entradas y salidas con el DGC-2020

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS



Figura 4.33 Interconexión de los dos bancos de procesos

Fuente: Elaboración propia

El programa correspondiente a la simulación de prueba #2 se realizó con el software BESTCOMSPlus y la lógica programable BESTLogicPlus y se muestra en la figura 4.

DESARROLLO DEL PANEL DE SIMULACIÓN PARA EL
CONTROLADOR DIGITAL DGC-2020 Y RESULTADOS

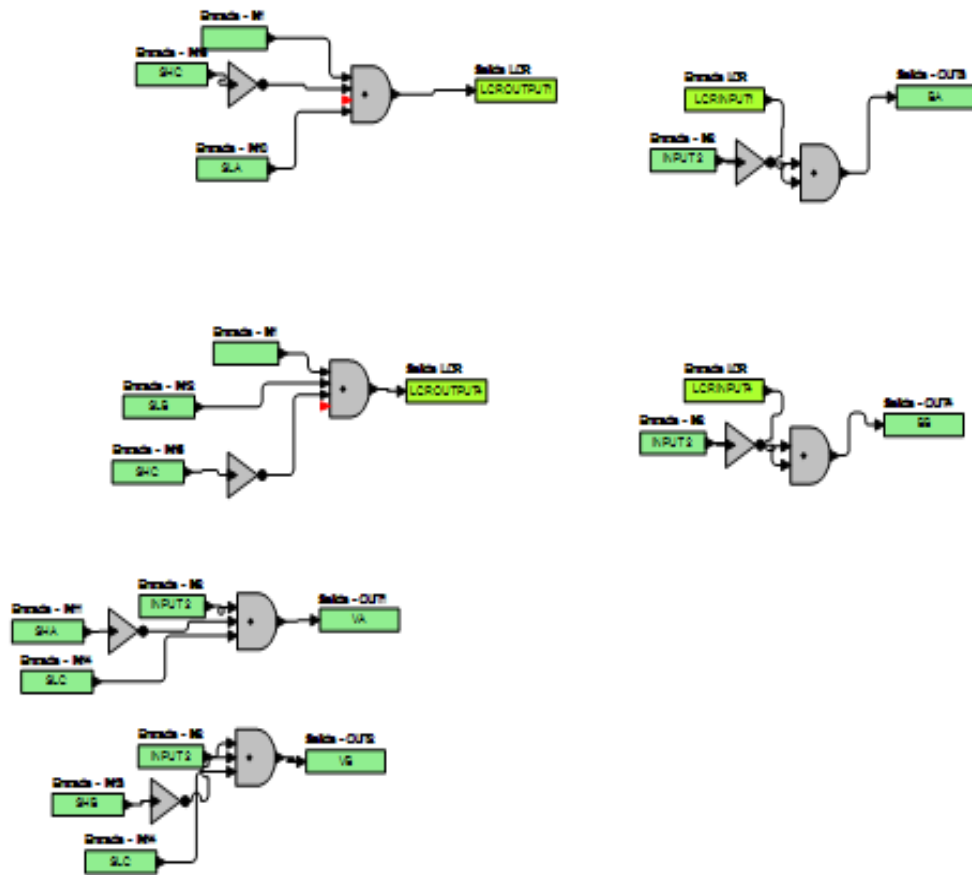


Figura 4.34 Programación del programa a prueba #2 en el software BESTCOMPSPlus

Fuente: Elaboración propia

He aquí el plano eléctrico en la figura 4.35, en donde se muestra cada conexión entre los dos bancos de procesos, tanto para las entradas y para las salidas, es decir, los sensores del banco de procesos son las entradas al DGC-2020 y las salidas del DGC-2020 van a las bombas y válvulas ubicadas en el banco de control, cada entrada y salida va directamente a un relé para ajustar los niveles de tensión.

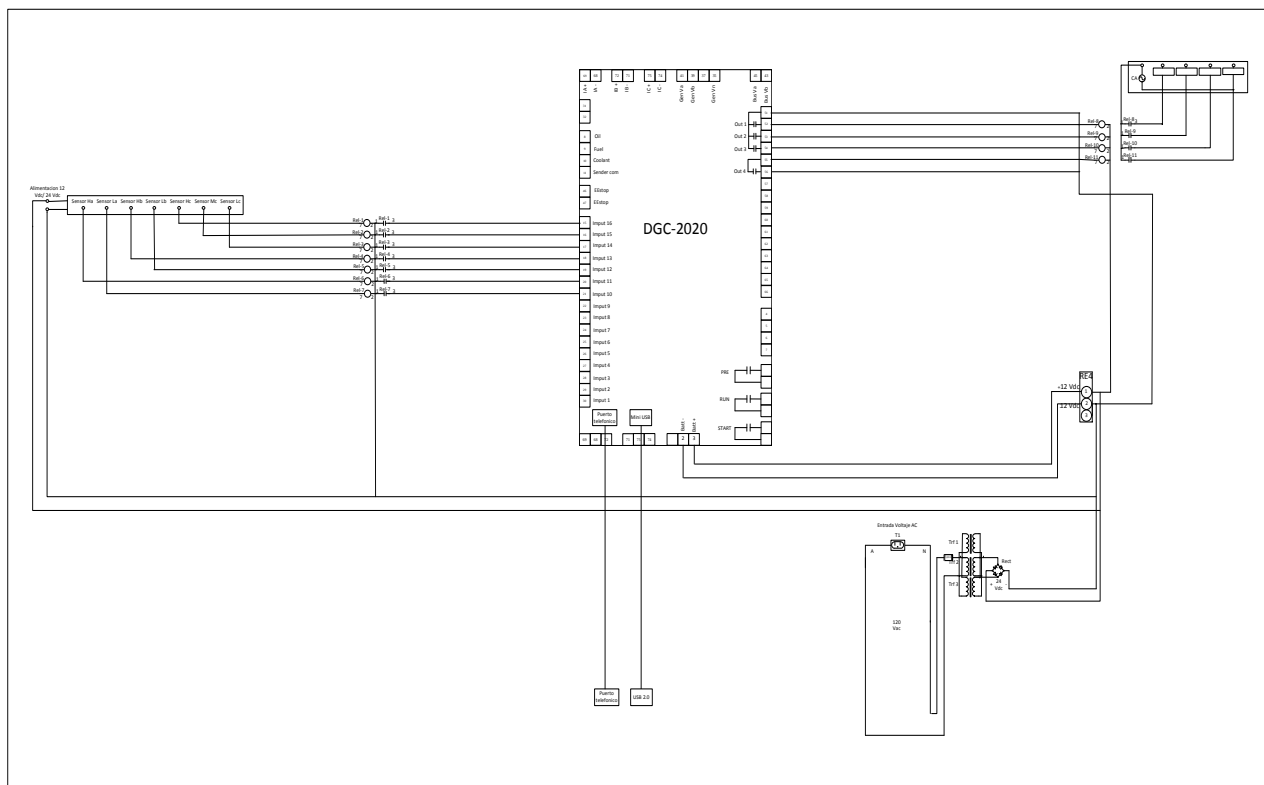


Figura 4.35 Plano Eléctrico de la conexión de los dos bancos

Fuente: Elaboración propia



4.1.6 Fase n° 6: Elaboración de las prácticas para el laboratorio de automatización industrial II.

Con la finalidad de conocer en gran medida, programar y simular los procesos para el cual está diseñado el controlador digital para grupos electrógenos se plantean tres practicas sencillas, para dar a entender que el DGC-2020 no solo tiene la función de transferencia de energía eléctrica sino que funciona como PLC a pequeña escala. En cada práctica se incrementará la dificultad a fin de, primeramente dar a conocer las acciones básicas del equipo y luego otras funciones más complejas.

A continuación se plantean las siguientes prácticas elaboradas con el conocimiento adquirido a partir de las cátedras dictadas de automatización y las experiencias tomadas a partir del conocimiento del DGC-2020:

Práctica de Laboratorio #1: Funciones Básicas del DGC-2020

Más que una práctica de laboratorio es una guía de metodología relativamente sencilla, basada en las entradas digitales y salidas digitales, sin temporización. Previamente hay un estudio de los componentes principales y funciones del DGC-2020.

Práctica de Laboratorio #2: Aplicación sencilla usando el DGC-2020

Luego de conocer las acciones básicas del equipo, se pasara a otras funciones un tanto más complejas, como temporizadores, uso del botón de parada de alarma, y programa el equipo para que la tensión de la red abra y cierre un Breaker (simulado con luces pilotos)



Práctica de Laboratorio #3: Función de transfer del DGC-2020

La tercera práctica de laboratorio se refiere a la aplicación de diseño del panel y del DGC-2020 que es la transferencia o encendido de un motor generador cuando la tensión de la red, es intervenida, a fin de dar restablecimiento a la energía eléctrica por medio de una planta eléctrico o grupo electrógeno.

**CAPITULO V****DESARROLLO DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO**

A lo largo de este capítulo en el presente trabajo de grado se muestran algunas experiencias para los estudiantes del laboratorio de Automatización Industrial II, que podrían implementarse de manera relativamente rápida porque el contenido y aplicación de las prácticas son bastante más sencillas que las practicas actuales en el laboratorio. Sin embargo, se requiere de un conocimiento que probablemente no tengan los estudiantes, es por ello, la necesidad de un **Pre-Laboratorio**, con preguntas para investigar y responder de manera sencilla haciendo uso, del manual del controlador digital. Luego de haber investigado correctamente las preguntas del Pre-Laboratorio, se presenta la práctica a manera de **Desarrollo**, con puntos en los que no habrá que cablear, sino más bien observar el cableado en el plano y los distintos niveles de voltaje que trabaja el controlador.



5.1 Práctica de Laboratorio #1: Funciones Básicas del DGC-2020

Objetivo General

➤ Conocer las principales características del controlador digital de grupos electrógenos DGC- 2020, el software de programación BESTCOMSPlus, así como el hardware correspondiente, basado en el número de estilo.

Pre-Laboratorio

Revisando el manual del DGC-2020 obtenga la siguiente información sobre el controlador:

- Observar el Diagrama de conexiones del DGC-2020, para conexión monofásico A-B.
- Cantidad de entradas analógicas y digitales
- Cantidad de salidas digitales
- Voltaje de Alimentación
- ¿Qué es el número de estilo?

Desarrollo

Realizar las siguientes actividades:

- 1) Presionando una de las entradas interruptores on-off del DGC-2020 enciende la luz piloto Roja izquierda
- 2) Repetir lo anterior, usando uno de los cuatro pulsadores
- 3) Encender con cada pulsador una luz piloto distinta (una por una, no todas al mismo tiempo)
- 4) Encender la luz piloto superior verde cuando se tiene la entrada digital número dos y el pulsador número tres
- 5) Encienda las 4 luces pilotos cuando se selecciona el botón de “reset”.

Programa el DGC-2020 para:

- 1) Encender todas las luces pilotos cuando se presiona el botón de parada de emergencia.
- 2) Convierta un pulsador y un interruptor en botones normalmente cerrados y encienda la luz piloto verde inferior



5.2. Práctica de Laboratorio #2: Aplicación sencilla usando el DGC-2020

Objetivo General

➤ Aplicar otras funciones complementarias al controlador digital de grupos electrógenos DGC- 2020, como tensiones de la red y del generador.

Pre-Laboratorio

Revisando el manual del controlador contestar las siguientes preguntas sobre el DGC-2020:

- ¿Cuántas entradas digitales están conectadas? ¿Están conectadas todas?
- ¿Cuántas entradas analógicas están conectadas?
- En el tablero de simulación, ¿Para qué sirven los botones pulsadores amarillos?
- ¿Cómo trabajan los temporizadores programables?
- ¿Cómo se podría variar la tensión de la red para la simulación?

Desarrollo

Realizar las siguientes actividades:

- 1) Encender la luz piloto rojo inferior a los 5 segundos de presionar el pulsador número uno.
- 2) Mostrar en el computador conectado al DGC-2020, la tensión de bus ¿Qué valores muestra?
- 3) Aumentar progresivamente los valores del motor, de presión de aceite
- 4) Aumentar progresivamente los valores del motor, de temperatura de refrigerante
- 5) Aumentar progresivamente los valores del motor, de nivel de combustible

Programa el DGC-2020 para:

- 1) Encender la luz piloto superior roja, cuando se caiga la tensión de la red, y en verde cuando vuelve.
- 2) Encender una de las salidas cuando aumenta la temperatura del refrigerante por encima de los 110° C.
- 3) Encender una de las salidas cuando baja la presión de aceite a 5 Bar
- 4) Encender una de las salidas cuando el nivel de combustible está por debajo del 10%
- 5) Encender todas las salidas cuando aumenta la temperatura del refrigerante por encima de los 110° C, baja la presión de aceite a 5 bar y el nivel de combustible esta en 10 %.

5.3. Práctica de Laboratorio #3: Automatización un proceso sencillo

Objetivo General

- Utilizar el panel de simulación para el DGC-2020 y así automatizar el banco de control de procesos del laboratorio de automatización industrial II.

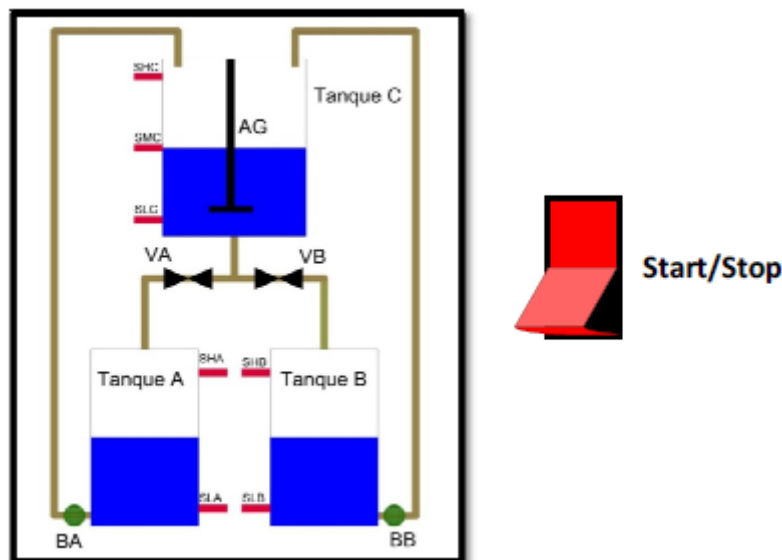
Pre-Laboratorio

Investigue utilizando el manual del equipo DGC-2020:

- ¿Cómo encender las entradas por contacto digitales?
- ¿Cómo encender las salidas por contacto digitales?
- ¿Cómo programar en el BESTCOMPSplus las entradas por contacto digitales?
- ¿Cómo programar en el BESTCOMPSplus las salidas por contacto digitales?

Desarrollo

Realizar las siguientes actividades programando el DGC-2020 utilizando el banco de control de procesos existente en el laboratorio de automatización industrial II:



- 1) Con los tanques A y B llenos y el C vacío y al accionar un interruptor se comienza a llenar el tanque de mezclado.
- 2) El tanque de mezclado se sigue llenando hasta llegar a su nivel máximo.
- 3) Cuando se detenga el llenado se vacía la mezcla hacia los tanques A y B con el agitador encendido accionando un pulsador 2.
- 4) Por último se vacía el tanque mezclador hacia los tanques A y B hasta que lleguen a sus niveles máximos respectivos, con lo cual se culmina el proceso.



5.4. Práctica de Laboratorio #4: Función de transfer del DGC-2020

Objetivo General

➤ Simular con el panel para el controlador digital programable DGC-2020, la reconexión de la energía eléctrica utilizando el arranque de un motor generador.

Pre-Laboratorio

Investigue y Analice:

- Motor-Generador o grupo electrógeno
- ¿Qué es un transfer?
- Formas de encender un Motor-Generador

Desarrollo

Realizar las siguientes actividades programando el DGC-2020:

- 5) Intente encender el motor generador manualmente.
- 6) Intente encender el motor generador desde el software BESTCOMPSplus.
- 7) Encienda el motor generador hasta que arranque. Observe las tensiones del generador.
- 8) Programe al DGC-2020 para que dé una señal de PRE_ALARMA por sub-tensión (trip 27-1)
- 9) Programe al DGC-2020 para que dé una señal de PRE_ALARMA por sub-tensión (trip 27-1) y además al presionar el botón pulsador uno

Conclusiones

En el siguiente proyecto de grado se lograron alcanzar todos los objetivos planteados en el desarrollo del panel de simulación portátil para el controlador digital DGC-2020 para el laboratorio de automatización industrial II, de esta forma se podría implementar este panel que sería una gran herramienta para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

El enfoque al diseño, que de hecho, es fundamental para la realización de cualquier proyecto, sin duda es una herramienta que permite corregir a tiempo, evitar daños, corto circuitos, pérdida de cable o material eléctrico y en general. Aunque en principio parece que no es de gran utilidad, sin duda, mejora la ejecución del proyecto de forma notable, debido a que es más sencillo quitar, añadir y corregir desde un borrador que cuando ya está hecho.

A la hora conectar todo, después del cableo y conectar con el computador, uno de los pulsadores estaba conectado correctamente, pero se instaló un terminal normalmente cerrado (NC), por lo cual siempre aparecía encendido permanentemente, esto da a entender que algunas de las situaciones e incluso fallas, aparecen al momento de energizar; razón para tomar en cuenta con cada uno de los detalles antes de conectar cualquier equipo.

Recomendaciones

Primeramente se recomienda la búsqueda de un patrocinador o un subsidio, a fin de implementar el panel de simulación en el laboratorio de Automatización Industrial II.

Entre la recomendación más importante está la utilización del controlador DGC-2020, conectado directamente desde un motor-generator o motor diesel, el cual podría estar en alguno de los laboratorios de la escuela de Ingeniería Eléctrica o Mecánica de la Universidad de Carabobo, aunque para ello se tendría que reconectar el cableado al motor y conseguir sensores analógicos reales de temperatura del motor, temperatura del refrigerante y presión de aceite.

Comprar el dispositivo modulador de entradas y salidas LSM-200 a fin de aumentar las capacidades del DGC-2020, así como las conexiones de más de un motor-generator en paralelo y además de adicionar entradas y salidas digitales y analógicas.

Realizar el panel de simulación sin los interruptores, pulsadores, a fin de que el estudiante pueda desde una fuente de alimentación externa, colocar el voltaje adecuado a cada entrada del controlador. Se podría hacer lo mismo para la salida, con la ayuda de un voltímetro se observaría el voltaje cuanto cierran los contactos.

Una idea importante es colocar un dimmer o resistencia variable con una potencia apropiada y conectarla en la entrada del DGC-2020 en el borne (45 bus Va) lo cual hará la simulación de una caída de tensión para el voltaje de la red y al llegar al nivel mínimo establecido y programado en el software BESTCOMSPlus , se desconectaría necesariamente.



Bibliografía

- [1] **Ing. José Antonio Díaz (2003).** *“Diseño de un software simulador de un autómatas programable que utiliza el lenguaje de instrucciones”*. Proyecto de grado. UC Facultad de Ingeniería. Escuela de eléctrica.
- [2] **Pérez Ponsa Asensio, Ramón Vilanova (2005)** *“Automatización de procesos mediante la guía GEMMA”* Edicions UPC.
- [3] **Bacells Josep (1998).** *“Autómatas Programables”*. Alfaomega Grupo Editor. México, México.
- [4] **BASLER ELECTRIC.** *“Manual del controlador digital programable DGC-2020”* Worldwide Headquarters Route 143, Box 269 Highland, Illinois 62249 U.S.A. Disponible en WWW.BASLER.COM.
- [5] **Joan Domingo Peña (2003)** *“Diseño y aplicaciones con autómatas programables”* Editorial UOC
- [6] **Josep Balcells, José Luis Romeral (1997).** *“Autómatas programables”*
- [7] **BASLER ELECTRIC.** *“Software de programación BESTCOMSPlus”*
- [8] **Jacqueline H. de Barrera (2004),** metodología de la investigación: una comprensión Holística. Disponible en <http://www.mitecnologico.com/Main/LaInvestigacionCientificaYTecnologica> [consulta: 2011,Julio 20]



Apéndice A: Resumen del DGC- 2020 (manual de usuario)



DGC-2020 DIGITAL GENSET CONTROLLER

Basler Electric's Digital Genset Controller (DGC-2020) is a highly advanced integrated genset control system. The DGC-2020 is perfectly focused, combining rugged construction and microprocessor technology to offer a product that will hold up to almost any environment and flexible enough to meet your application's needs. This device provides genset control, transfer switch control, metering, protection and programmable logic in a simple, easy to use, reliable, rugged, and cost effective package.

Program the DGC-2020 with easy to use front panel navigation keys and the large LCD display or with our enhanced BESTCOMSPlus PC software. Either way, the easy to follow menus make setup and configuration fast and simple. Within BESTCOMSPlus, we have provided a very powerful user-friendly programmable logic program that allows the user to meet specifications that previously would have required an additional PLC to meet. BESTCOMSPlus is included at no additional cost and provides for remote communications, file transfer, and file management. It is one of the most intuitive software programs available for genset controllers.

FEATURES

- Generator Metering
- Generator Sequencing (via LSM-2020 Load Sharing Module)
- Engine Metering
- Genset Control
- Engine Protection
- Generator Protection 27(2), 32, 40Q, 81(2), 59(2), 81Q, 81U
- Enhanced Generator Protection 78, 81ROCOF, 51 and 47 available (optional)
- Load Sharing (via LSM-2020 Load Sharing Module)
- BESTCOMSPlus (included with every DGC-2020 at no additional cost)
 - Programming and setup software
 - Intuitive and powerful
 - Remote control and monitoring
 - Programmable Logic
 - USB communications
- Automatic Transfer Switch Control
- Exercise Timer
- Automatic Synchronizer (optional)
- Suitable for use on rental gensets with
 - HiLo line sensing
 - Single or three phase sensing override
- SAE J1939 Engine ECU communications
- Automatic Generator Configuration Detection
- Selection of integrating reset or instantaneous reset characteristics for overcurrent protection
- Multilingual capability
- Remote communications to our RDP-110 Remote Annunciator
- Extremely rugged, fully potted design
- 16 programmable contact inputs
- 7 Contact outputs: (3) 30 A dc and (4) Programmable 2 A dc rated contacts
- Additional (8) Programmable 2 A dc contacts (optional)
- Wide Ambient Temperature range
- Remote Dial-out and Dial-in capability with Internal Modem (optional)
- Modbus Communications with RS-485 (optional)
- Ethernet communications (via LSM-2020 Load Sharing Module)
- Expandable I/O capability via J1939 CANBUS (optional)
- UL recognized, CSA certified, CE approved, GOST-R certified
- HALT (Highly Accelerated Life Tests) tested
- IP 54 Front Panel rating with integrated gasket
- NTPA110 Compatible
- Expandable functionality via add-on modules
 - LSM-2020 Load Sharing Module
 - CEM-2020 Contact Expansion Module
 - AEM-2020 Analog Expansion Module

**DESCRIPTION,
FUNCTIONS and
SPECIFICATIONS**
pages 2 through 5

**FRONT PANEL DISPLAY
and
DIMENSIONS**
pages 5 and 6

**INTERCONNECT
DRAWING**
page 7

**ORDERING
INFORMATION**
page 8

**ENHANCEMENT
ACCESSORIES**
pages 9 through 12

ADDITIONAL INFORMATION

INSTRUCTION MANUAL

Request Publication 8400200890

Basler Electric

ROUTE 143, BOX 269 HIGHLAND, ILLINOIS 62249, U.S.A. PHONE 618-624-2341 FAX 618-624-2351

OM 140

DGC-2020

DESCRIPTION

The DGC-2020 is a microprocessor based generator set controller that incorporates advanced technology and features into a value added, user friendly, rugged design. This device is encapsulated and is the most rugged genset controller found anywhere. It provides front panel and PC programmability. It can sense engine parameters directly via analog senders, or it can communicate with the engine's ECU using SAE J1939 CANBUS communications. This device offers programmable inputs and outputs and programmable logic to allow the user to easily customize the operation of the DGC-2020 as desired. The DGC-2020 also has automatic transfer switch control (mains failure).

The DGC-2020 can be configured by a customer selected style number. This allows the user to only purchase what is needed, adding to the value of the DGC-2020 controller. The DGC-2020 can be configured to have eight additional output contacts, an internal RS-485, an internal industrial modem for remote communications and dialing out to a pager when the DGC-2020 detects trouble. The DGC-2020 also has optional features for enhanced generator protection, and an integrated automatic synchronizer.

FUNCTIONS

GENSET PROTECTION

Generator (Standard Protection)

Undervoltage (27) Overvoltage (59)
Reverse Power (32) Overfrequency (81Q)
Loss of Excitation (40Q) Underfrequency (81U)

Enhanced Generator Protection (Optional)

Phase Imbalance (47)
Generator Overcurrent (51)
Vector Shift (78)
Rate of Change of Frequency (81ROCOF)

All Generator Protection features are programmable as Alarms or Pre-alarms.

Engine

Alarms (Shutdowns)

Low Oil Pressure
High Coolant Temperature
Low Coolant Level
Overspeed
Overcrank
Engine Sender Unit Failure
Fuel Leak/Fuel Sender Failure
Emergency Stop
Battery Charger Failure

Pre-Alarms (Warnings)

Low Oil Pressure
High Coolant Temperature
Low Coolant Temperature
Battery Overvoltage
Weak Battery
Battery Charger Failure
Engine Sender Unit Failure
Engine kW Overload (3)
Maintenance Interval Timer
Low Coolant Level
High Fuel Level
Low Fuel Level
Fuel Leak Detect

All Alarms and Pre-Alarms can be enabled or disabled via the BESTCOMSPlus PC software or the front panel.

GENSET METERING

- Metered generator parameters include voltage, current, Hz, real power (watts), apparent power (VA), and power factor.
- Metered engine parameters include oil pressure, coolant temperature, RPM, battery voltage, fuel level, engine runtime, and various J1939 supported parameters.

ENGINE CONTROL

Cranking Control: Cycle or Continuous (Fully Programmable)
Engine Cooldown: Smart Cooldown function saves fuel and engine life.
Successful Start Counter: Counts and records successful engine starts

Timers:

- Engine Cooldown Timer
- Engine Maintenance Timer
- Pre-Alarm Time Delays for Weak/Low Battery Voltage
- Alarm Time Delay for Overspeed
- Alarm Time Delay for Sender Failure
- Arming Time Delays after Crank Disconnect:
 - Low Oil Pressure
 - High Coolant Temperature
- Pre-Crank Delay
- Continuous or Cycle Cranking Time Delay

EVENT RECORDING

The DGC has an event recorder that provides a record of alarms, pre-alarms, engine starts, engine runtime loaded, engine runtime unloaded, last run date, and many other events that are all date and time stamped to help the user determine the cause and effect of issues related to the generator set.

TRANSFER SWITCH CONTROL (MAINS FAILURE)

The DGC-2020 monitors utility (mains) and determines if it is providing power that is suitable for the loads. If the utility (mains) goes beyond predetermined levels, the generator is started and the utility (mains) is disconnected from the load and the generator is connected. When the utility (mains) returns to acceptable levels for a sufficient time, the generator is disconnected and the utility (mains) is reconnected to the load. It also includes appropriate settings timers for establishing stable utility (mains) operation. If the in phase-monitor is enabled and the Mains Fail Return Delay time has expired, the generator

SPECIFICATIONS, continued

HALT (Highly Accelerated Life Testing)

Halt Testing is a method used by manufacturers concerned about high quality to prove that their products will provide the user with many years of reliable service. Halt testing subjects the device to extremes in temperature, shock, and vibration to simulate years of operation, but in a much shorter time span. Halt testing allows Basler to evaluate all possible design elements that will add to an increase in the life of this device. As an example of some of the extreme testing conditions, the DGC-2020 was subjected to Temperature Tests (tested over a temperature range of -100°C to +115°C), Vibration Tests (swept over a frequency of 5 to 50G at +20°C), and Temperature/Vibration Tests (tested at 40G over a temperature range of -80°C to +90°C). Please note that the vibration and temperature extremes noted here are specific to HALT testing and do not reflect recommended operation level.

Agency Approvals

UL Approvals

"cURus" recognized to UL 508 R and CSA C22.2 No.14.
(CEM-2020H: UL recognized to UL Standard 508 only.)

Part Numbers 9400200705 and 9400200706:

"cURus" recognized per Standard 1604, Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations, Class I, Division 2, Zone 2, Groups A, B, C, D, Temperature Code - T4.

CSA Approvals

CSA certified to Standard C22.2 No. 14.

NFPA Compliance

Complies with NFPA Standard 110, Standard for Emergency and Standby Power, Level 1 and Level 2.

GOST-R Certification

Certified per the relevant standards of Gosstandart of Russia.

CE Compliance

This product complies with the requirements of the following EC Directives:

- Low Voltage Directive (LVD) - 73/23/EEC as amended by 93/68/EEC
- Electromagnetic Compatibility (EMC) - 89/336/EEC as amended by 92/31/EEC and 93/68/EEC
- EN 50178:1997 - Electronic Equipment for use in Power Installations
- EN 61000-6-4:2001 - Electromagnetic Compatibility (EMC), Generic Standards, Emission Standard for Industrial Environments
- EN 61000-6-2:2001 - Electromagnetic Compatibility (EMC), Generic Standards, Immunity for Industrial Environments

Physical

Weight: 2 kg (4.4 lb)

DGC-2020 FRONT PANEL DISPLAY

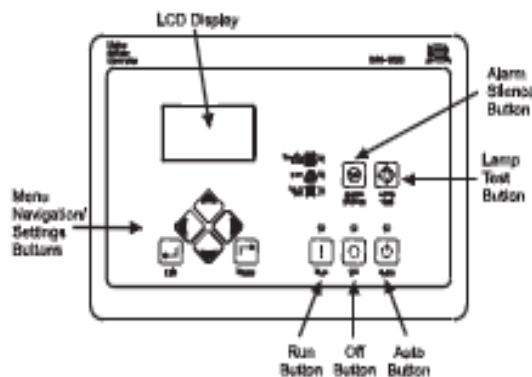


Figure 1 - Front Panel HMI
(Human Machine Interface)

FRONT PANEL LED INDICATORS

Run:

Green - Indicates the DGC is in the RUN mode.

Off:

Red - Indicates the DG is in the OFF mode.

Auto:

Green - Indicates the unit is in the AUTO mode of operation.

Supplying Load:

Green - Indicates the system is supplying current to a connected load.

Alarm:

Red - Indicates an alarm situation by continuous illumination. Indicates a Pre-alarm by flashing.

Not in Auto:

Red - Indicates unit is not in the AUTO mode.

PACKAGING

DGC-2020 offers a complete system of environmental hardening. Its design utilizes advanced engineering and design techniques to allow it to operate in the harshest environments. The DGC-2020 uses potted construction that has been successfully proven on hundreds of thousands of voltage regulators built by Basler. We have included an integrated gasket to seal the front panel to an IP54 rating, and we included a protective cover on the rear of the DGC-2020.

DGC-2020

DIMENSIONS

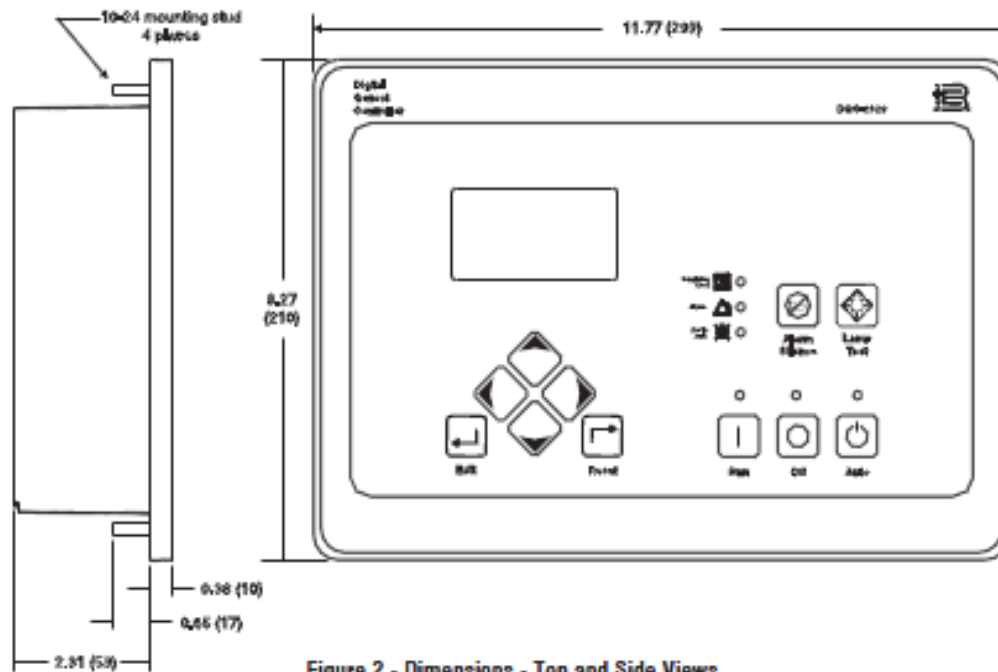


Figure 2 - Dimensions - Top and Side Views

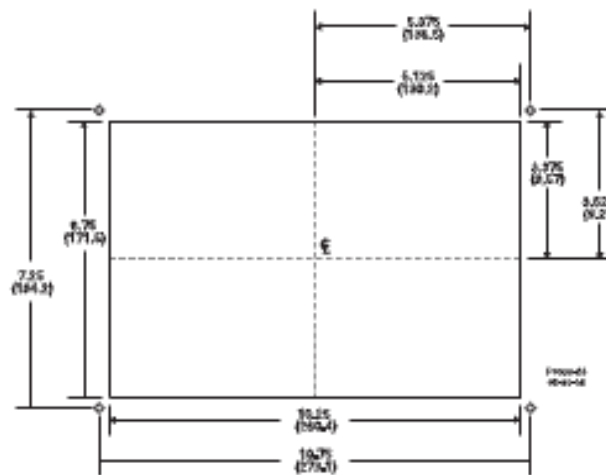


Figure 3 - Panel Cutting and Drilling Dimensions

NOTES: 1. Dimensions in parentheses are in millimeters.
2. All drawings and data subject to change without notice.

CONNECTIONS

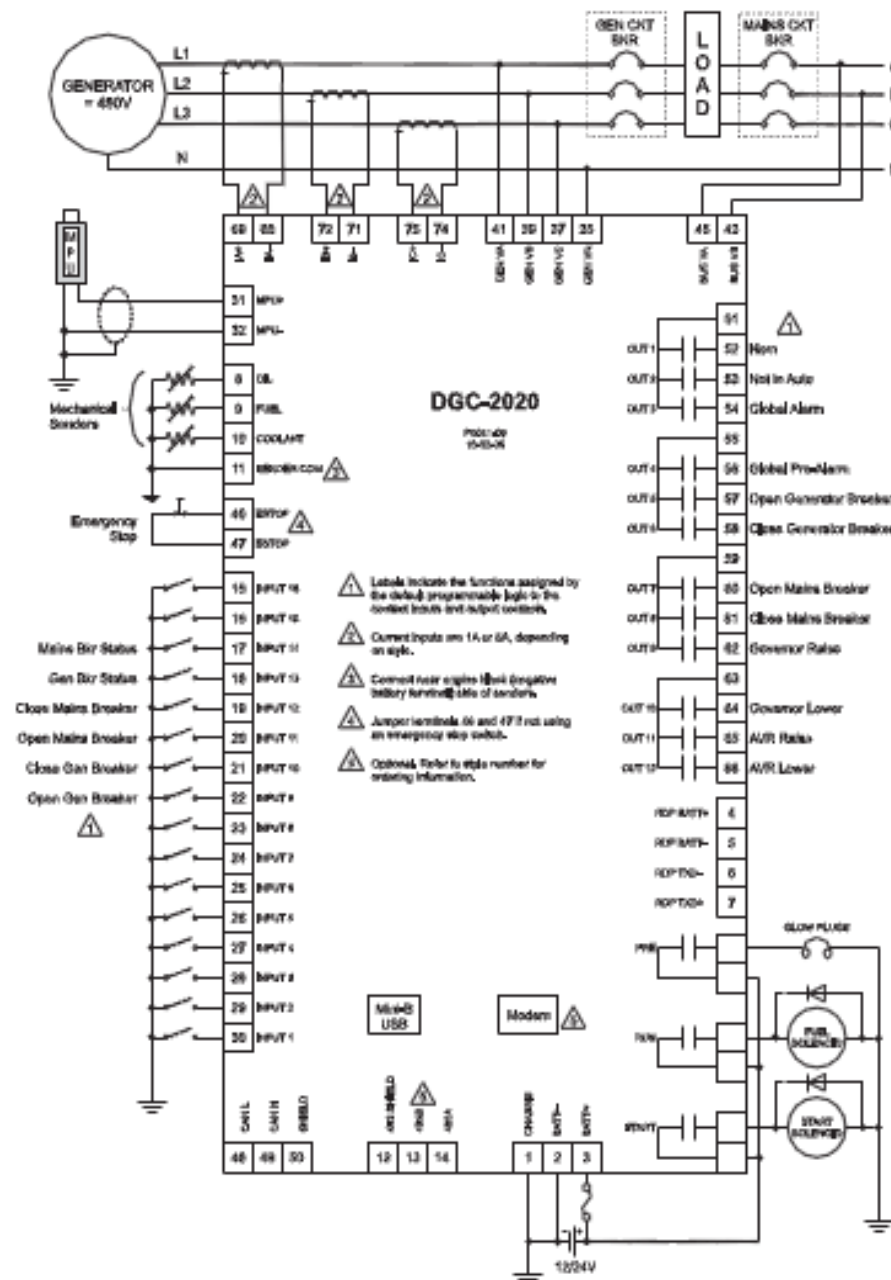


Figure 4 - DGC-2020 Typical Connections

DGC-2020

ORDERING INFORMATION

OPTIONAL FEATURES

The DGC-2020 has been designed to provide maximum functionality at a minimum price. You only need to buy what you need. We have selected options to help maximize the value provided by the DGC-2020.

Additional Contact Outputs

For those applications where more output contacts are needed, the DGC-2020 can be adapted to include 8 additional 2 A dc rated dry contact outputs. These are real contacts and not the solid-state type that require additional external circuitry to properly operate. These contacts are fully programmable via the easy-to-use BESTCOMSPlus PC software and can be assigned for numerous user-defined functions.

RS-485 Communications

When the RS-485 option is selected, the user can send and receive information from the DGC-2020 via the RS-485 communications port and Modbus protocol. This feature allows the DGC-2020 controlled genset to be fully integrated into the building management system. Please see the Instruction Manual for the Modbus register list.

Internal Modem

The DGC-2020 can provide long distance communications by including an internal modem. When the modem is selected, the user can access the DGC-2020 from virtually anywhere via a telephone line. The user can control and monitor the genset as if standing right next to it. The DGC-2020 can also dial out for pre-programmed circumstances to alert the user of selected conditions.

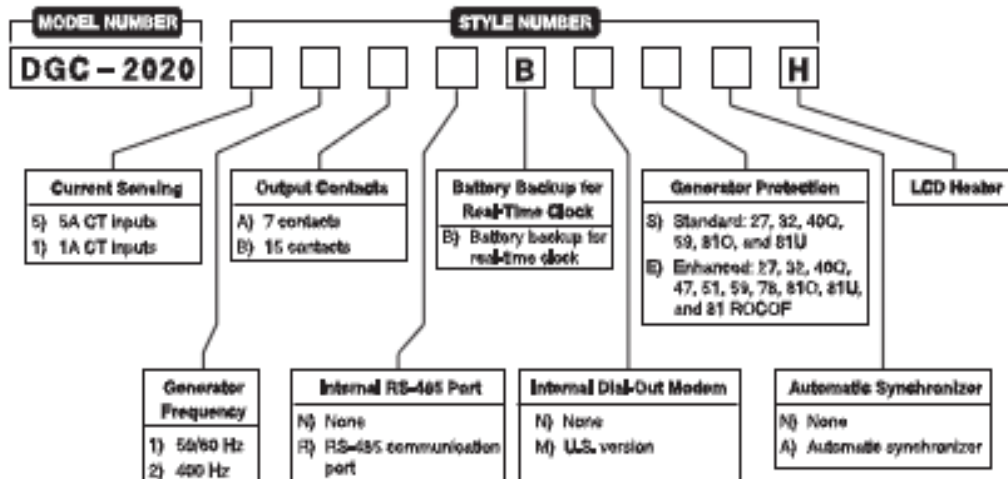
Enhanced Generator Protection

In addition to the standard generator protection (27, 32, 40Q, 59, 81O, 81U), the DGC-2020 also can be equipped with a more sophisticated generator protection system. This option provides an overcurrent element (51) with 17 selectable time current characteristic curves and a voltage phase balance protection function (47), Vector Shift (78) and ROCOF(81).

Auto-Synchronizer

When the DGC-2020 is configured with this option, the user can select between two types of autosynchronizer, phase lock or anticipatory style. In both methods, the DGC-2020 adjusts generator frequency and voltage to match that of the bus (mains) via contact outputs, then connects the generator to the bus by closing the connecting breaker.

STYLE CHART



DGC-2020

ENHANCEMENT ACCESSORIES FOR THE DGC-2020 (Continued)

Load Sharing Module for paralleled genset applications, LSM-2020 (continued)

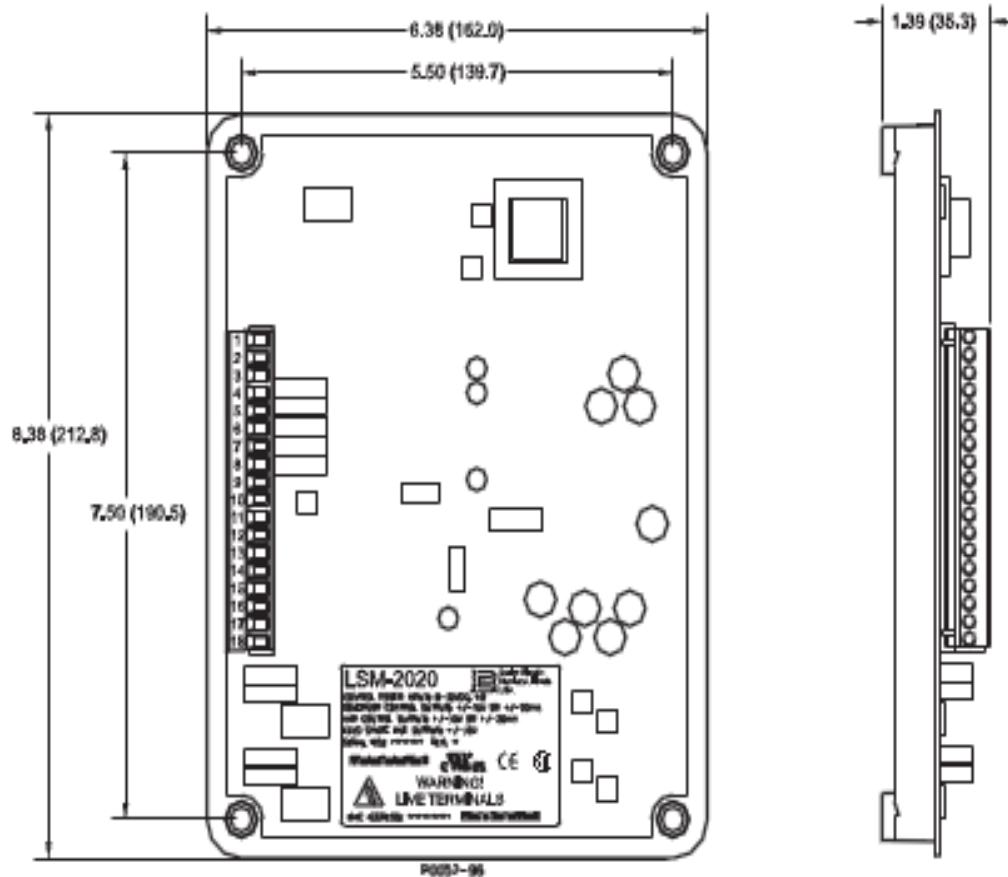


Figure 6 - LSM-2020 Overall Dimensions



Apéndice B: Imágenes del panel de simulación para el DGC-2020



Figura B.1 Vista frontal del DGC-2020



Figura B.2 Vista trasera del DGC-2020



Figura B.3 Vista frontal del panel de simulación para el DGC-2020

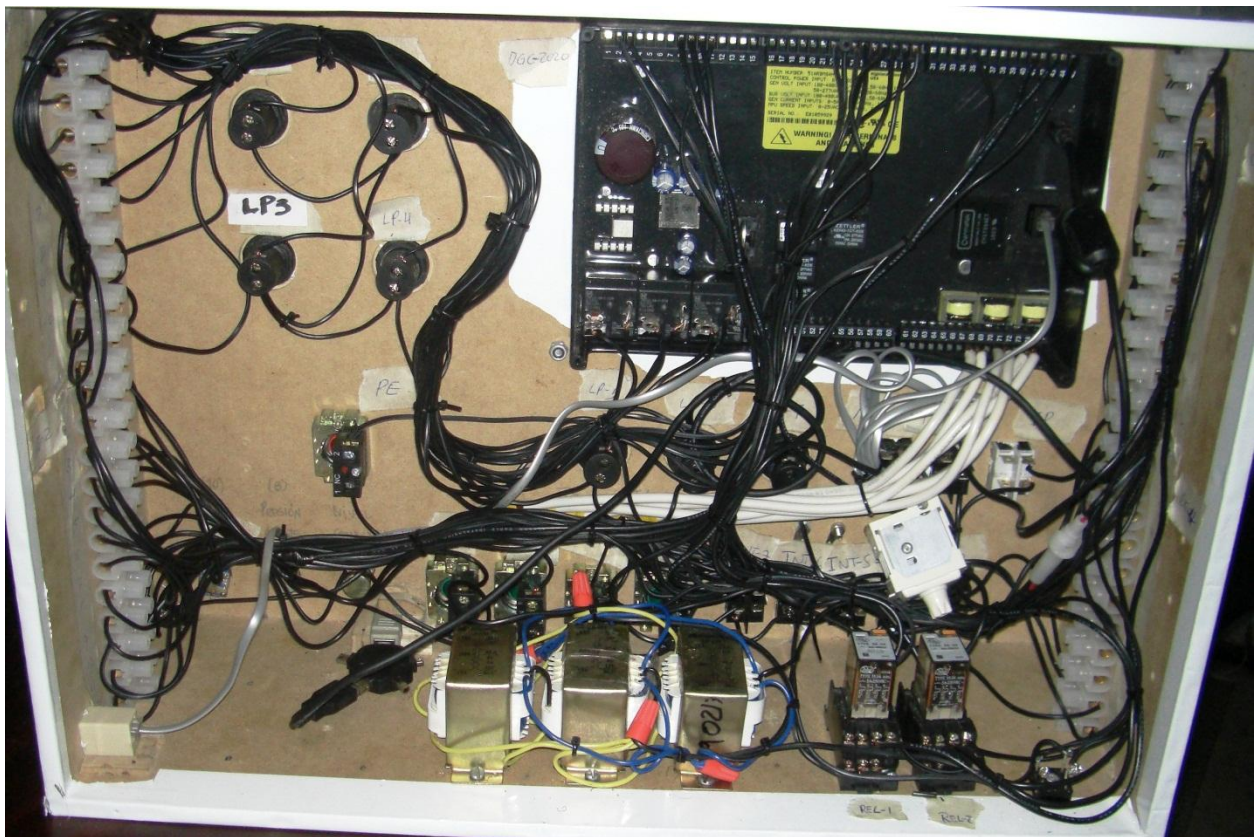


Figura B.4 Vista trasera del panel de simulación para el DGC-2020



Figura B.5 Vista superior del panel de simulación para el DGC-2020

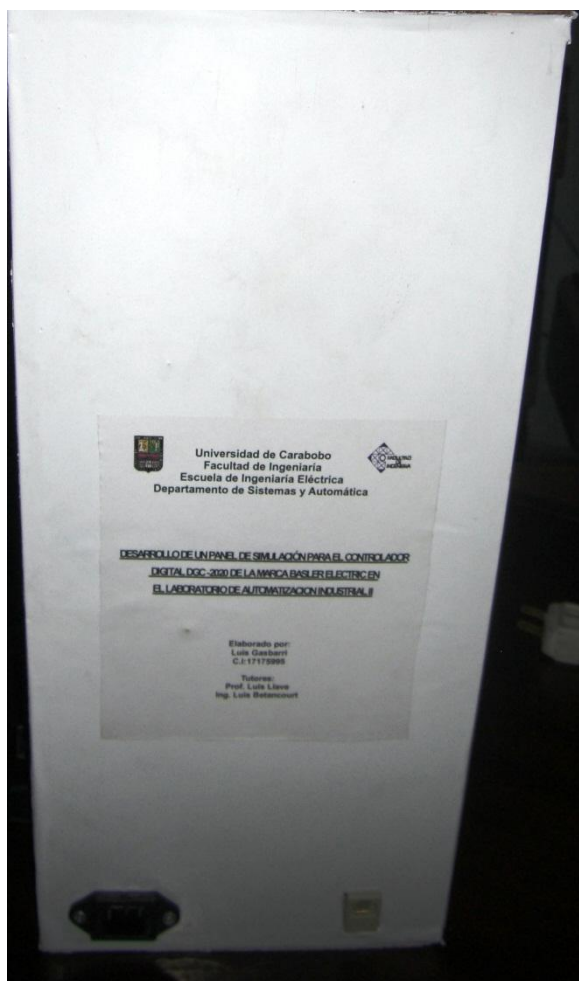


Figura B.6 Vista lateral del panel de simulación para el DGC-2020



Apéndice C: Costos de elaboración para el panel de simulación



En la cotización final de todos los materiales, hubieron algunos que ya los poseía y no están incluidos en el costo final; por otra parte, el equipo es el de mayor costo con respecto a total de materiales los cuales son:

DISPOSITIVO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [Bsf]	TOTAL [Bsf]
Equipo DGC-2020	1	Unidad	12000	12000
Madera MDF (9 mm espesor), base metal, mano de obra	1	pieza	400	400
Transformador (120-12)Vac - 3Amp	3	Unidad	100	300
Fusible (1,8 A)	3	Unidades	1	3
Porta fusible	1	Unidad	30	30
Relé 120Vac 14 pin	2	Unidad	35	70
Base para Relé 14 pin	2	Unidad	20	40
Interruptor on/off 20A 125V	1	unidad	25	25
Pulsador eléctrico NA	4	Unidades	25	100
Pulsador eléctrico NC (Alarma)	1	Unidad	55	55
Interruptor on/off 2 posiciones	10	Unidades	25	250
Interruptor on/off (120 V)	2	Unidad	11	22
Potenciómetro (500 [ohm]) 2W metal	1	Unidades	30	30
Potenciómetro (2,5 K [ohm]) 2W cuadrado	1	Unidad	80	80
Perilla para potenciometro	3	unidad	12	36
Regleta para cable #12 AWG	5	Unidades	25	125
EXTEN. Mini USB macho / USB Macho	1	Unidad	30	30
multiconector USB macho múltiples hembras	1	Unidad	50	50
correa para cable, tornillos, soporte para cables	1	unidad	5	5
CONECTOR AC MACHO CHASSIS 3 PIN	1	Unidad	15	15
Luz Piloto 24 Vdc	7	Unidades	45	315
Potenciómetro tipo Dimer (120 V)	1	Unidad	80	80
Conectores tipo Banana	11	Unidades	6,5	71,5



Papel auto adhesivo	3	Metros	12	36
Impresión en papel autoadhesivo	2	Unidades	10	20
Manilla metálica para gabinetes	1	Unidad	30	30
Conector telefónico macho/macho	1	Unidad	50	50
			TOTAL	14268,5