

Universidad Nacional de Ingeniería
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO



Uso de Variadores de Frecuencia en Pozos de Petroperú Selva Norte

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de :
INGENIERO DE PETROLEO

OSCAR ROBERTO JARAMILLO CASANOVA

Lima - Perú
1995

" USO DE VARIADORES DE FRECUENCIA EN POZOS DE PETROPERU SELVA NORTE . '

I.- INTRODUCCION

II.- DESARROLLO DEL TEMA

1.- ANTECEDENTES

2.- DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTROSUMERGIBLE

3.- VARIADOR DE FRECUENCIA

3.1 DEFINICION

3.2 DESCRIPCION DE COMPONENTES

3.3 FUNCIONES

3.4 APLICACIONES DEL VARIADOR EN CAMPOS DE PETROLEO

3.5 VENTAJAS SOBRE EL TABLERO CONVENSIONAL

4.- SELECCION DEL EQUIPO

5.- FIJACION DE PARAMETROS DE UN VARIADOR

6.- INSTALACION

7.- CAUSAS PRINCIPALES DE LAS FALLAS

8.- ANALISIS DE FALLAS

9.- CASOS : POZOS 141D Y 142D

III.- CONCLUSIONES

IV.- RECOMENDACIONES

V.- ANEXOS

I.- INTRODUCCION

Desde 1988, PETROPERU viene utilizando en sus operaciones de producción de petróleo Variadores de Frecuencia, y en los últimos tres años, debido al desarrollo de los campos de Corrientes y Pavayacu (lote 8-Selva), su uso fue incrementándose, instalándose en cada pozo completado un variador de velocidad con el objeto de controlar el flujo de extracción a través de la velocidad de la bomba y mantener el caudal óptimo recomendado por Ingeniería de Reservorios.

En la actualidad, el método de levantamiento artificial existente en el lote 8 es el Sistema de Bombeo Electrosumergible, con un total de 59 pozos en producción (Mayo-95).

Una de las consideraciones a tomarse en cuenta, es que los Variadores con que actualmente operamos son de marca CENTRILIFT. En un principio fabricantes como REDA tenían en el mercado equipos demasiados voluminosos y pesados, lo que determinó su rechazo. Otros, como WESTINGHOUSE, no tenían representantes en el país, lo que hacía costosa su reparación.

Por tal razón, las funciones, selección y los análisis de fallas sobre nuestros Variadores se hacen en base al Variador de Frecuencia Centrilift.

A medida que fuimos observando las frecuencias de fallas, nos vimos obligados a reunir a los proveedores de los equipos involucrados, como Centrilift (Variadores) y Caterpillar (Generadores) lográndose mejorar la eficiencia de los equipos.

Actualmente, PETROPERU tiene instalados catorce (14) Variadores, tanto en Corrientes (4) como en Pavayacu (10). La tendencia es seguir instalando estos equipos tanto en los sucesivos pozos nuevos (Corrientes, Pavayacu,Chambira) como en los pozos reacondicionados.

II.- DESARROLLO DEL TEMA

1.- ANTECEDENTES

Los reservorios de los campos de Selva Norte son del tipo Impulsión por Agua (Activo), con permeabilidades promedio de 1500 md y porosidades promedias del 25 % , y con índices de productividad relativamente altos. El Anexo No. 1 muestra las características de los reservorios del campo.

Estas características, las facilidades operativas y el amplio rango de levantamiento de las bombas, hacen del sistema de bombeo electrosumergible el más adecuado para la producción de petróleo de estos campos.

En marzo de 1979 iniciamos a operar con este sistema en el pozo 72D-Pavayacu (TRW REDA D-82) y en 1988 instalamos el primer Variador de Velocidad (VSD) en el área de Corrientes en el pozo 115D de la plataforma 114.

Desde un comienzo, las bondades de los equipos se pusieron de manifiesto ya que su uso inicial fue recuperar el caudal de extracción de petróleo disminuído por el aumento del corte de agua en los pozos de mayor producción, manteniendo siempre una sumergencia de la bomba de por lo menos 1000 pies de colchón de fluído sobre su entrada (Intake).

Posteriormente, la utilidad del Variador se hacia mayor, debido a que se comenzó a instalar la herramienta " Y " para correr registros de produccion (PLT) con el fin de evaluar pozos reacondicionados primero y posteriormente en pozos nuevos.

El tipo de Variador Electrospeed VSD, que fue el primero utilizado en nuestros campos, era muy complicada en su manejo y parte de los ajustes, para la fijación de los parámetros (seteo), era realizada con un pequeño destornillador sobre una de las tarjetas electrónicas. La llegada a nuestra operación de la última generación de Variadores Electrospeed modelo ICS trajo consigo una mejor comprensión y conocimiento de la fijación de los parámetros de seteo del Variador, gracias a la incorporación del KEYPAD, que es una pantalla digital donde facilmente se pueden ingresar dichos parámetros y observarlos, modificandolos de acuerdo a nuestros requerimientos.

2.- DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema de bombeo electrosumergible, para una mejor comprensión, se le puede dividir en dos partes:

2.1 Equipo de Subsuelo

Involucra todo lo relacionado a lo sumergido en el pozo, como son el motor, el sello o protector, la bomba, y los cables de extensión y de potencia.

MOTOR Suministra la potencia necesaria para hacer trabajar a la bomba.

SELLO Protege al motor de las cargas axiales que soporta la bomba y retarda el ingreso de los fluidos del pozo al motor; permite la expansión y contracción del aceite del motor y del propio sello, sirve de conexión entre el motor y la bomba.

BOMBA Es centrífuga multietapas.

CABLE PRINCIPAL Cable trifásico que se empalma al cable de extensión y llega a la superficie donde finalmente se conecta al tablero de control o al transformador, según sea el caso.

CABLE EXTENSION Cable trifásico que sirve de conexión entre el motor y el C. Principal.

2.2 Equipo de Superficie fija (60 Hertz).

VARIADOR FRECUENCIA Tablero de control o Controlador del motor de alta tecnología que puede operar a diferentes frecuencias.

Al voltaje requerido por el motor en el fondo del pozo.

CAJA DE VENTEO Caja de paso del cable de potencia que permite ventear a la atmósfera el gas que migra por el cable.

En el Anexo N° 2 se aprecian los diagramas del sistema.

3.- VARIADOR DE FRECUENCIA

3.1 DEFINICION

El Variador de frecuencia es un tablero de control de alta tecnología que permite al operador, como su mismo nombre lo indica, variar la frecuencia de rotación del motor de la bomba sin tener que parar el equipo de fondo, entre un rango nominal de 10-120 Hertz.

El Electrospeed ICS (modelo con que actualmente operamos), está clasificado como un inversor de voltaje variable. La sección convertidora emplea un rectificador AC de seis pulsos para convertir la tensión alterna en una tensión directa variable.

Un Inversor es un dispositivo con una serie de componentes electrónicos que convierten la tensión AC en otra tensión AC pero controlable.

CIRCUITO BASICO DE POTENCIA (Anexo No. 9) Unos dispositivos llamados SCR, que rectifican la onda de entrada sinusoidal en una onda pulsante .

Luego , la onda pulsante mediante condensadores, es filtrada para convertirla en una tensión continua (DC). Con esta señal es posible controlar la frecuencia de salida.

3.2 DESCRIPCION DE COMPONENTES

Existe una tarjeta de control independiente para las secciones convertora e inversora, estando interconectadas por medio de ensamblajes de cables con una tarjeta central de control, llamada Digital Control Board (DCB).

Digital Control Board

La tarjeta DCB es el principal bloque de control para el circuito de potencia. Su principal función es la de controlar la operación básica del controlador de frecuencia variable. Se conecta directamente con la Converter Control Board y con la Inverter Control Board y les suministra las señales que indican cuándo disparar los SCR's de entrada y los

transistores de salida. Se comunica con la Operator Interface Board para recibir los parámetros de programación y operación y transmitir las señales de estado, de fallas, de programación, etc.

Converter Control Board

La tarjeta CCB controla el convertidor a SCR's y contiene circuitería para suministrar las señales de disparo a los SCR's convertidores, captar las señales de voltaje de entrada, recibir la señal de control de los interruptores de temperatura colocados en los disipadores de calor.

Inverter Control Board

La tarjeta ICB proporciona el enlace entre la DCB y la sección Inversora del controlador y suministra disparo de base a los transistores de potencia.

Operator Interface Board

Es la “ventana al mundo” del controlador Electrospeed ICS. Todo lo que el usuario quiera hacer deberá hacerlo a través de la Operator Interface. Cuando se conecta con la Door Interface Board, dispone de un puerto de salida paaraa el manejo de las entradas y salidas análogas y digitales.

Door Interface Board

Se encuentra montada en la parte posterior del gabinete justo encima de la DCB. Esta conectada con la OIB. Proporciona tanto entradas como salidas para todos los controles opcionales que sean montados en la puerta (luces de operación o parada por sobrecorriente, botones de arranque o de paarada, botón de control de velocidad, etc.)

Power Supply Board

La potencia para operar el controlador es suministrada por la Fuente de Alimentación, que suministra todos los voltajes en DC para el ICS, incluyendo la alimentación de las bases de los transistores de potencia de la sección inversora.

Además, presenta otras tarjetas opcionales como la Customer Interface Board, PHD Interface Board, Analog Input Board

3.3 FUNCIONES

Las principales funciones del Variador de velocidad se muestran en la pantalla del KEYPAD (ver Anexo N° 3) y se resumen como sigue :

- a.- Incrementa o disminuye los Hertz de la bomba.
- b.- Protege al motor de las variaciones de voltaje y amperaje que ingresan al controlador.

- c.- Protege al motor y al cable de los amperajes de arranque gracias a la función ACCEL TIME (tiempo de aceleración), que es el tiempo que toma la bomba en alcanzar la frecuencia de seteo evitando que el amperaje en el instante de arranque no alcance valores altos.
- d.- Asimismo, el motor alcanza los " 0 " Hertz a través de la función "DECEL TIME".
- e.- Permite invertir la rotación sin desconectar las fases que llegan al Variador ("FREQUENCY AVOIDANCE/OUTPUT ROTATION"), dando mayor seguridad durante esta acción.
- f.- A través de su función "ANALOG CONTROL SETUP" (control de señales Análogas) permite obtener información adicional a través de sensores instalados tanto en el fondo de la instalación BEC como en el cabezal del pozo. Estos datos pueden ser presiones de fluyentes (PHD), presiones en cabeza del pozo, flujos, temperaturas, etc., dentro del MODE 2.

3.4 APLICACIONES DEL VARIADOR EN CAMPOS DE PETROLEO

En las operaciones de los campos de petróleo de Selva Norte, Petroperú ha utilizado al Variador de frecuencia en múltiples aplicaciones las cuales nos han servido para obtener y completar importantes informaciones ya sea en forma directa o indirectamente. A continuación se describen las principales

aplicaciones del Variador de frecuencia en sus campos de Corrientes y Pavayacu.

- 1.- Para evaluar el comportamiento productivo de los pozos con índices de productividad (PI) desconocidos o no definidos como en pozos nuevos (pozo 142D) y reacondicionados, para lo cual se recomienda instalar una bomba cuyo rango de operación sea lo suficientemente amplio, tomando como referencia las producciones de los pozos vecinos y/o el PI obtenido de la prueba de formación fallida. El motor seleccionado también deberá tener una potencia (HP) suficiente como para trabajar hasta unos 70 Hertz.
- 2.- En aplicaciones con la herramienta " Y " (Anexo No. 10), se puede evaluar las arenas a través de los parámetros de presión, caudal temperatura y densidad de los fluidos, utilizando registros de producción (PLT). Todo esto operando a diferentes frecuencias (diferentes caudales), como en el caso de los pozos 113D y 114D-Corrientes.
- 3.- Cuando el diseño del conjunto BEC queda por encima o por debajo del rango de la bomba, sólo bastará variar la frecuencia para obtener el caudal deseado (pozo 137D).

- 4.- Cuando por razones no previstas o inconvenientes de último momento, se instala la bomba con menor número de etapas y se requiere alcanzar el caudal deseado (pozo 12XC).
- 5.- Para pozos con PI variables, donde el caudal disminuye con el tiempo por el incremento del corte de agua, obligando a ajustar la frecuencia de manera que la bomba opere dentro de su rango óptimo; evitando así que trabaje cercano a su rango inferior (“DOWNTRUST”).

3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS SOBRE EL TABLERO CONVENSIONAL

Las ventajas del Variador por su tecnología de avanzada son muchas, las cuales, en algunos casos pueden hacer ahorrar dinero y remediar problemas. Nombraremos las ventajas más saltantes:

- 1.- Puede operar en un rango de 20 a 120 Hz.
- 2.- Protege al motor porque incrementa paulatinamente el amperaje inicial de arranque sin llegar a sobrepasar el nominal del motor
- 3.- Permite variar la rotación de giro de la bomba con la función OUTPUT ROTATION, lo cual lo hace seguro sin riesgo de electrizarse.

- 4.- Con la función MODE 2 se puede obtener, instalando sensores, información adicional como presión de fondo (PHD), temperaturas, etc.
- 5.- Todas las aplicaciones nombradas en el punto 3.3

Por otro lado, el sistema trae algunas desventajas :

- 1.- Altos precios de ventas de estos equipos (aprox. 4 ve es más que los tableros convencionales).
- 2.- Costos de reparación altos.
- 3.- Personal técnico especializado.
- 4.- **SELECCION DE EQUIPOS**

Seleccionar un equipo de superficie (Variador de frecuencia y Transformador) de un sistema de bombeo electrosumergible, dependerá básicamente del conjunto de subsuelo seleccionado y de la longitud del cable utilizado por lo que el procedimiento para elegir la capacidad del Variador y transformador necesarios para un pozo en particular es el siguiente

- 1o. Recolectar y analizar los siguientes datos

Voltaje Nominal del Motor

Amperaje Nominal del Motor

Características del Cable

Longitud Total del Cable

Caudal Máximo deseado

Voltaje de Salida del G.E. o de la Subestación

Temperatura de fondo del pozo

- 2o. Definir la máxima y mínima frecuencias deseadas.
- 3o. Calcular el voltaje de superficie a la máxima frecuencia, para luego seleccionar el TAP del transformador (voltaje), aplicando la fórmula siguiente .

$$\text{VoltSup} = \frac{\text{Volt.Nom Motor} * \text{Max Hz}}{(\text{MAX Hz})60 \text{ HzCable}} + \text{Caída Volt}$$

Donde :

- El TAP del transformador seleccionado deberá ser aquel cuyo valor de voltaje sea el más próximo al calculado arriba.
 - La Caída de Voltaje se obtiene del gráfico AMP vs. CAIDA VOLT POR CADA 1000 PIES de cable (Anexo No.4).
- 4o. Seleccionar la capacidad del Variador calculando la máxima corriente (amperaje) que puede pasar a través del controlador, de la siguiente manera

$$\text{Capacid VARIADOR} = \text{Amp Placa Motor}$$

* Relación Transfndr (Amp)

Donde :

$$\text{Relac. Transformador} = \frac{\text{Volt Seleccionado del Transformador (TAPS)}}{\text{Volt Primario del Transformador (480)}}$$

Con este valor se va a la tabla 2.2 (Anexo No 5) para modelos de Variadores.

- 5o. Se calcula la potencia máxima en Kilovoltios-amperios (KVA) del Transformador al Máximo Hertz fijado en el Variador, aplicando la siguiente fórmula

$$\text{KVA} = \frac{1.73 * \text{VOLTJ SUPERF} * \text{AMPER NOMINAL MOT}}{1000}$$

Ver Anexo No. 6. para seleccionar el transformador.

5.- FIJACION DE PARAMETROS DE UN VARIADOR ICS

El modelo de Variador actualmente operando en los campos de Petroperú es el ICS (Nema 4000), el cual tiene una pantalla digital llamada KEYPAD y contiene todas las teclas que describen las funciones del Variador.

La mayoría de estas son valores numéricos que requiere el Variador para almacenar en su computadora los límites para la protección del conjunto de fondo. Otras teclas son para recibir información del

mismo Variador como son los parámetros eléctricos de salida de dicho controlador y de control de análogos.

La información que se obtiene de la tecla DISPLAY OUTPUT AMPS / VOLTS se refiere al amperaje y voltaje AC que esta saliendo del Variador y que nos dice que la tensión esta dentro del rango de trabajo del equipo. Por lo tanto, cuando se requiera datos de amperaje de consumo del motor en el fondo se tendrá que colocar la pinza amperimétrica en las fases de salida del transformador que va al pozo, con mucho cuidado.

Entonces, para fijar los parámetros al Variador lo haremos función por función con los datos y cálculos efectuados anteriormente indicando que cada diagonal (/) muestra que dentro de esa función existen varios parámetros por fijar:

FUNCION DRIVE MODEL / OVERLOAD PARAMETER / TRIP TIME

Se registra el modelo del Variador seleccionado / el valor de sobre - carga del Variador / tiempo de respuesta de la señal a la falla.

FUNCION VOLTS a 60 Hz / START FREQUENCY

Es el voltaje que se tendrá cuando se opere a 60 Hz / frecuencia de inicio, por recomendación es 10.

FUNCION SYNC DELAY / HIGH SPEED CLAMP

Tiempo para alcanzar los 10 Hz, el fabricante recomienda 2 segundos / máximos hertz requeridos.

FUNCION LOW SPEED CLAMP / V BOOST

Mínimos hertz requeridos / voltaje adicional para vencer cualquier giro duro que se encontrara, generalmente es 0.

FUNCION I LIMIT / I LIMIT SYNC

Limita la máxima corriente de salida del controlador para cada aplicación. Frecuentemente es empleada para impedir que la corriente del motor sobrepase el valor de placa; se la asigna un valor de 105 % de la protección de sobrecarga. / Determina la máxima corriente de salida durante el tiempo de sincronización

(actúa sólo si es necesario en el arranque); se le asigna un valor de 125 % de la protección de sobrecarga.

FUNCION V BOOST SYNC / V CLAMP

Voltaje adicional que actúa sólo si es necesario en el arranque, generalmente es 0 / Voltaje a máxima frecuencia que debe salir del variador. La programación típica es de 480 VAC si el voltaje de entrada es de 460/480 VAC.

FUNCION ACCEL TIME / DECEL TIME

Son los tiempos que requerirá la bomba tanto para llegar a la frecuencia de 60 Hz como para alcanzar los 0 Hertz (cuando se para el equipo). Generalmente son del mismo valor y se recomienda 10 segundos.

FUNCION REGULATOR GAIN / SLIP COMP

Para eliminar fluctuaciones de inestabilidad de voltaje en el sistema, su ajuste es de 0 - 100%. El fabricante recomienda 70%.

FUNCION FAULT RESTART PARAMETER

(Parámetros de Rearranques por Fallas)

(1) Es el número de veces de re-arranques después de una parada antes que el controlador sea bloqueado (ajustable entre 0 y 5) / (2) Es el tiempo antes de que

intente re-arrancar (ajustable entre 2 y 300 minutos) / (3) Tiempo de operación exitosa requerido antes de que el contador de fallas sea iniciado en ceros, permitiendo nuevamente el reinicio del conteo del número completo de re-arranques.

FUNCION UNDER LOAD PARAMETER

(Parámetros de Baja Carga)

(1) Se accede a la protección de baja-carga (igual al menor valor leído de las tres fases en la Función Delay Output Amps/Volts menos un 20 %) / (2) Tiempo de re-arranque luego de una parada por baja carga (ajustable entre 2 y 1000 minutos) / (3) Números de intentos del arranque sin éxito antes de que el controlador quede bloqueado (ajustable entre 0 y 30) / (4) tiempo desde que la condición de baja carga es detectada hasta que el controlador se detiene.

FUNCION SET FREQUENCY

Frecuencia con que arrancará o trabajará la bomba. Se puede variar aumentando o bajando su valor con las teclas flechas HACIA ARRIBA / HACIA ABAJO.

FUNCION ANALOG CONTROL SET UP

A través de esta función se ingresa a las analogas que pudiera tener el sistema. A diferencia de las anteriores que trabajan con el MODE 1, esta lo hace con el MODE 2.

FUNCION CLOCK / DRIVE HISTORY

El variador está equipado con un reloj de “tiempo real” que proporciona la fecha (mes y día) y la hora (horas y minutos) en cada momento. El objeto principal del reloj es registrar fechas y horas para el historial del controlador / Se almacena las ocurrencias con fecha y hora y un código operacional o de falla.

FUNCION FREQUENCY AVOIDANCE /OUTPUT ROTATION

/ Desde este parámetro se puede hacer variar el sentido de rotación de la bomba sin desconectar las fases.

FUNCION DISPLAY OUTPUT AMPS/VOLTS

Muestra el voltaje y corrientes de salida del controlador. Es sólo tecla para observación. Una quinta pulsación permite ingresar al código de acceso. Si el código ha sido programado, sólo usuarios autorizados podrán variar los parámetros, con excepción a la frecuencia de operación (se otorga sólo 15 minutos).

FUNCION DISPLAY ANALOG INPUTS

Trabaja con el MODE 2.

FUNCION DISPLAY STATUS

En esta función se puede observar la frecuencia (Hertz) real de trabajo de la bomba y que debe ser igual al valor de la función SET FREQUENCY.

6.- INSTALACION

6.1 RECOMENDACION DE SEGURIDAD

El controlador deberá ser instalado, recibir los ajustes y servicios por personal eléctrico calificado. Una instalación u operación inapropiada del controlador puede causar daño al personal o equipo. El controlador debe ser instalado y puesto a tierra en concordancia con los códigos eléctrico local y nacional. Voltajes potencialmente letales existen dentro de la cabina .Extremo cuidado deben tomarse para asegurar que todas las fuentes de poder esten desconectadas antes de iniciar los trabajos de instalación o de mantenimiento y reparación.

6.2 CHEQUEO INICIAL

Antes de la instalación del variador, revise la unidad teniendo en cuenta lo siguiente:

Daño físico al Variador. Daño visual al contenedor del barco o ganibete del Variador (estructura).

Remover todo material que sirvió para el empaquetado del controlador tales como cintas, espumas, y de relleno.

Aplicación correcta. Los datos de placa del controlador, transformador y carga deben ser compatibles.

6.3 INSTALACION DEL VARIADOR

Los gabinetes estan diseñados especialmente para asegurar su manipuleo usando una barra extendida colocada en la parte superior de la unidad para su levantamiento (Ver figura del Anexo No. 7)).

La capacidad de levantamiento deberá ser revisada antes de mover la unidad del lugar. Observe las tablas 2.2 para el peso de la unidad que esta siendo instalada.

El modelo WEATHERPROOF (NEMA 3, IP 54), Anexo No. 8 , el cual tenemos en nuestra operación, es apropiada para instalaciones al aire libre en locaciones no peligrosas. En temperaturas ambientes extremadamente altas es recomendable que el equipo este bajo sombra. Permita un mínimo de 36 pulgadas (1 mt) de espacio en el frente y atrás del variador para los requerimientos de servicios y flujos de aire.

Nunca instale el Variador cercano a fuentes de generación de calor, tales como transformadores u otros controladores. Si esto es necesario tener un suministro no restringido de aire de enfriamiento (50°C maximo) para ventiladores montados en la parte posterior del Variador.

La secuencia del tendido del cable de potencia es el siguiente:

- 1o. Desde las barras de la sub estación se toma tensión (480 volt) hacia el Variador. En otros casos es desde un Grupo Electrogeno.
- 2o. Del controlador sale una tensión similar de 480v. hacia el primario del transformador de potencia.
- 3o. Se efectúa una prueba en vacío (sin carga) para verificar el funcionamiento de las tarjetas electrónicas.

- 4o. Regulados los Taps del transformador, por el secundario sale la tensión necesaria requerida hacia la caja de venteo y posteriormente al motor.

7.- CAUSAS PRINCIPALES DE LAS FALLAS

Durante los años que venimos operando con los Variadores de frecuencia nos hemos encontrado, desde un principio, con muchas fallas que van desde un fusible de 4.5 amps hasta tarjetas y computador (ship), e inclusive fallas en los ventiladores de enfriamiento.

Entre los años 91-93 la frecuencia de fallas en los Variadores se incrementó grandemente, teniendo en cuenta que estos equipos, sin ninguna perturbación, deben trabajar durante tiempos prolongados. Debemos ser sinceros en reconocer que cuando se adquirieron estos equipos no recibimos capacitación alguna sobre su operación, detección y solución de fallas.

A raíz del aumento de la frecuencia de fallas , principalmente del 93, nos reunimos con expertos de los fabricantes o representantes de las marcas de los Variadores y Grupos electrógenos para dar solución a estos problemas y llegamos a la conclusión de que los voltajes en las subestaciones, pero principalmente en los grupos electrógenos de las plataformas no se mantenía constante y esa variación afectaba fuertemente a las tarjetas electrónicas.

Los factores que afectan la operatividad del Variador son de dos tipos

FACTORES EXTERNOS

FACTORES INTERNOS

7.1 FACTORES EXTERNOS

Se consideran factores externos a todos aquellos generados por los grupos electrógenos en plataformas que entregan energía a los controladores. La variación de los voltajes de entrada fueron causas frecuentes de fallas en los inicios de las operaciones con el Variador en el área de Corrientes y posterior en Pavayacu.

Las tarjetas electrónicas operan con voltajes de 5v y 15v ya que tienen instalados transformadores de control en el interior que reducen el voltaje de ingreso a los voltajes señalados, y sufren daños cuando el ingreso de voltaje son muy altos o muy inferiores a los 460v considerando que el Variador requiere un voltaje de 460 +/- 10%

Los factores externos que afectaron la normal operación del equipo son

1. Descalibración del Gobernador, que ocurrieron en grupos electrógenos demasiados antiguos.
2. Demasiada carga absorbida por el generador o transformador de la subestación al permitir trabajar demasiados pozos con ellos.

3. Golpes durante el transporte que dañan las tarjetas, capacitores, el Keypad, etc. muy sensibles a los golpes, disminuyendo su tiempo de operación.

3.1 FACTORES INTERNOS

Los factores internos son aquellos que por desgaste propio de las partes del equipo VSC fallan, como por ejemplo :

1. Falla en los ventiladores que refrigeran el compartimiento interior del controlador, haciendo recalentar a las tarjetas electrónicas.
2. Falla en el Keypad .

8.- ANALISIS DE FALLAS

El análisis de fallas fue elaborado para tener una estadística real (base de datos) de la continuidad operativa de los Variadores.

Este análisis considera dos cuadros estadísticos que refleja la frecuencia de fallas de los Variadores desde el año 1989 (Anexo No.11) y el máximo número de pozos a quienes se le instaló variadores en ese mismo período (Anexo No. 12).

La conclusión más importante de estos cuadros es que la frecuencia de fallas entre el período 1991-1993 fue superior que en los otros años, y que en el año 1994 el

número de estas fallas disminuyó considerablemente a pesar de haber tenido equipos instalados en mayor número de pozos (20).

Como una manera de cuantificar el mayor o menor número de fallas a lo largo de este tiempo, se ha tenido que encontrar un Índice de Falla (No. fallas/pozo/año) el cual lo apreciamos en el Anexo No. 13.

Así, se observa que en el año 1991 el índice fue igual a 2 fallas/pozo/año manteniéndose prácticamente igual durante el siguiente año. A pesar de haber tenido una disminución en 1993; recién en 1994 se aprecia una caída más notoria del índice de fallas (0.65 fallas/pozo/año).

Aunque dentro de las estadísticas para este trabajo no se incluya, en lo que va del año 1995 la frecuencia de fallas es muchísimo menor (una sólo falla durante los siete primeros meses), lo que nos llena de satisfacción porque demuestra que hemos superado largamente las paradas de los pozos por falla en los Variadores.

9.- CASOS : POZOS 142D Y 141D

Para ilustrar el trabajo desarrollado, se exponen los casos de dos pozos recientemente completados a quienes se les instaló Variadores de frecuencia ICS desde el arranque de su producción con la finalidad de evaluar sus comportamientos productivos.

En ambos casos, como en todos , se tuvo mucho cuidado con dar al Variador la información más adecuada de los parámetros de protección.

POZO 142D-CORRIENTES

El pozo se completó el 15 de marzo de 1995 y se puso en producción el 23 de marzo de 1995 (arenas cetico 2 y 3).

Obtenidos los resultados de las pruebas de formación se recomendó producir en forma artificial con un caudal no mayor 3000 BFPD e instalar un variador de velocidad porque nos permitiría trabajar con un amplio rango de caudales, para luego confirmar la productividad del pozo y controlar el flujo de extracción.

El equipo BEC de fondo seleccionado y los datos generales de la instalación fueron los siguientes

1.- RECOLECCION DE DATOS

BOMBA : GC-4100 / 66 etapas / Serie 513

SELLO : GSCTX / Serie 513

MOTOR : 165 Hp / 2200 v / 43 Amp / Serie 562

CABLE POTENCIA : REDALEAD N°4-NUEVO

INTAKE : 3507'

TUBERIA : 3 1/2" NUEVA

Longitud Pozo-Transform : 1500'

Q máx. : 3000 BFPD

Voltaje Subestación : 480 v

Temperatura Fondo : 230°F

2.- DEFINIR HZ máximo y mínimo

FRECUENCIA máximo : 65

FRECUENCIA mínima : 40

3.- VOLTAJE REQUERIDO EN SUPERFICIE

$$V = \frac{2200 \text{ v} * 65 \text{ Hz}}{60 \text{ Hz}} + \text{CAIDA VOLTAJE}$$

Del gráfico N° 4 encontramos que :

$$\text{CAIDA VOLTAJE} = \frac{19.5 * 5000' * 1.354}{1000'}$$

CAIDA VOLTAJE = 132 voltios

Entonces :

$$V = 2383 + 132 = \mathbf{2515 \text{ v.}}$$

Selección del TAP del Transformador : **2598 v**

4.- DIMENSIONAMIENTO DEL VARIADOR

Capacidad Variador = Amp Placa Motor * Relac Tranfm

$$\text{Relación Transform} = \frac{2598 \text{ v}}{480 \text{ v}} = 5.41$$

Entonces :

$$\text{Capacidad Variador} = 43 \text{ Amp} * 5.41 = \mathbf{233 \text{ Amp}}$$

Con éste valor de amperaje se ingresa a la Tabla 2.2 (Anexo N° 5); entonces, el ICS requerido es el modelo 4300 -3VT : 325 KVA / 391 Amp / 480 v

5.- POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

$$\text{KVA} = \frac{1.73 * \text{VOLT SUP} * \text{AMP NOM MOTOR}}{1000}$$

$$\text{KVA} = \frac{1.73 * 2515 * 43}{1000} = \mathbf{187}$$

Se tiene disponibles transformadores de 200 y 260 KVA.

Para la fijación de los parámetros del Variador, se deberá hacer algunos cálculos adicionales los cuales se encuentran detalladamente en la hoja de trabajo ICS Start-Up Work Sheet (VER anexos n° 14 Y 15). A continuación se dan todos los parámetros

Función Drive Model/Overload Parameters

4300-3VT (Modelo del equipo seleccionado)

243 amp (Protección de Sobrecarga)

5 seg (tiempo para que se active la protección)

Volt A 60 Hz/Start Freq

429 v (voltaje primario transformador a 60 Hz)

10 Hz (frecuencia de arranque)

Sync Delay/High Speed clamp

2 seg

65 Hz (Frecuencia máxima)

Low Speed clamp/V Boost

40 Hz (Frecuencia mínima)

0 v. (Voltaje adicional)

I Limit/I Limit Sync

245 amp (corriente limitada para el Variador))

291 amp (protección de sobrecarga en el arranque)

V Boost Sync/V CLAMP

0 (sin volt adicional)

480 v (voltaje máximo de salida)

Accel Time/Decel Time

10 seg (tiempo en alcanzar Hertz de operación)

10 seg (tiempo en alcanzar los 0 Hz)

Regulator Gain/Slip Comp

70 %

0

Fault Restart Parameter

5

30 min

30 min

Underload Parameters

100 amp (0.80 * 125 amp)

30 min

5

30 seg

Set Frequency

40 Hz

El pozo arrancó a las 14:00 Hr del 23 de Marzo de 1995 probando rotación de la bomba y conectandolo luego a la Bateria N° 2-Corrientes, obteniendose las producciones que se aprecian en el ANEXO N° 16.

POZO 141D-CORRIENTES

El pozo se completó el 21 de Abril de 1995 y se puso en producción el 28 de Abril a través del reservorio Pona (Capa 2).

Se recomendó instalar un equipo BEC con rango de operación entre 1000 y 2000 BFPD y un variador de velocidad con la finalidad de comprobar la productividad del pozo y controlar su régimen de extracción y la conoficación del agua en el reservorio. Se propuso un caudal inicial de 1500 BFPD.

Las pruebas de formación efectuadas en este pozo no fueron confiables del todo porque la herramienta de la Cía. de Servicios falló. No se repitieron estas pruebas por recomendación del Dpto. de Ingeniería.

Finalmente, el equipo BEC de subsuelo seleccionado y los datos de la instalación son :

1.- RECOLECCION DE DATOS

BOMBA : 202 D-1400/ (73 + 129) etapas/ Serie 400

PROTECTOR : 66L-FS /Serie 540

MOTOR : 80 Hp / 1235 v /40 Amp/ Serie 540

Cable Potencia : REDALEAD N° 4 NUEVO

Profundidad : 5399'

Longitud Pozo-Transfidor : 1500'

Tubería : 2 7/8" NUEVA

Temperatura fondo : 230 °F

Voltaje disponible : 480 v

Q máx. deseado : 1500 BFPD

2.- DEFINIR Hz máximo y mínimo

FRECUENCIA máx = 65 Hertz

FRECUENCIA mín = 40 Hertz

3.- VOLTAJE SUPERF. A MAX FRECUENCIA

$$V = \frac{1235 \text{ v} * 65 \text{ Hz}}{60 \text{ Hz}} + \text{CAIDA VOLTAJE}$$

Del gráfico del ANEXO N°4 encontramos que :

$$\text{CAIDA VOLTAJE} = 18.2 * 6.9 * 1.354 = 170 \text{ volts}$$

Entonces :

$$V = 1508 \text{ volts}$$

El TAP del Transformador seleccionado será : **1500 v.**

4.- CAPACIDAD DEL VARIADOR

$$\text{Controller Sizing} = 40 \text{ amp} * \frac{1500 \text{ v}}{480 \text{ v}} = \mathbf{125 \text{ amp}}$$

De la tabla 2.2 (Anexo N° 5), el ICS seleccionado es el modelo 2200-3VT de 200 KVA, 241 amp , 480 v.

Tenemos disponible el modelo 4300-3VT de 325 KVA , 391 amp, 480 v., el cual supera nuestros requerimientos.

5.- POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

$$\text{KVA} = \frac{1.73 * \text{Volt. Superf} * \text{Amp Motor}}{1000}$$

$$\text{KVA} = \frac{1.73 * 1508 * 40}{1000} = \mathbf{104}$$

Tenemos disponible transformadores de 200 y 260 KVA.

Para la fijación de los parámetros del Variador, procederemos de la misma manera que en el caso anterior y siempre auxiliados con la hoja de trabajo ICS Start-Up Work Sheet (ver ANEXOS N° 17 y 18).

Función Drive Model/ Overload Parameters

4300-3VT

125 amp

5 seg

F. Volt a 60 Hz/ Start Frequency

445 v

10 Hz

F. Sync Delay/ High Speed Clamp

2 seg

65 Hz

F. Low Speed Clamp/ V Boost

40 Hz

0 v

F. I Limit / I Limit Sync

131 amp

156 amp

F. V Boost Sync / V Clamp

0

480

F. Accel / Decel Time

15 seg

15 seg

F. Regulator Gain / Slip Comp

70 %

0

F. Fault Restart Parameter

5

30 min

30 min

F. Underload Parameters

80 amp (80 % de 100 amp)

30 min

5

30 seg

F. Set Frequency

56 Hz

El pozo arrancó y se conectó a la Batería N° 2-Corrientes el 28 de Abril de 1995 a las 14:30 hr, siendo sus producciones iniciales las que se muestran en el ANEXO N° 19, demostrando al final que los parámetros dados al Variador estuvieron correctos.

III.- CONCLUSIONES

- 1.- El Variador de frecuencia ha sido y es un instrumento muy útil para las evaluaciones de producción de los pozos.
- 2.- Por tal razón, el uso de estos equipos han ido aumentando tendiendo principalmente hacia los pozos nuevos, recientemente completados tanto en Corrientes como en Pavayacu.
- 3.- Todos los componentes en el sistema deben ser compatibles entre sí (Variador, Transformador, motor).
- 4.- La generación de Variadores ICS han sido de una tecnología mejorada que facilita al usuario una mejor interpretación de los parámetros y operación del equipo debido a la instalación de la pantalla digital KEYPAD.
- 5.- Las principales causas de las fallas fueron aquellas que se generaron por tener grupos electrógenos muy trabajados y viejos los cuales no mantenían una carga constante.
- 6.- En los últimos años la frecuencia de fallas ha disminuído considerablemente.

IV.- RECOMENDACIONES

- 1.- Por los resultados obtenidos por el Variador, recomendamos seguir instalando estos equipos en pozos recientemente completados y en aquellos que han sido reacondicionados.

- 2.- De acuerdo a nuestras necesidades operativas, el instalar Variadores de frecuencia a esos pozos no quiere decir que necesariamente se deba de adquirir nuevos equipos, sino reinstalar o reubicar los existentes que actualmente operan en otros pozos, donde sus flujos se encuentran ya definidos.

- 3.- Se recomienda operar estos equipos con carga directamente de la Central Eléctrica (Pavayacu y Corrientes) o en su defecto, con grupos electrógenos nuevos o que demuestren mucha confiabilidad en su carga generada.

- 4.- Mantener siempre en stand by un tablero convencional como medida de precaución para minimizar las paradas de los pozos por falla en el Variador , cuando por diversas razones no se pueda dejar funcionando el ICS en corto tiempo.

- 5.- Cuando un Variador debe ser trasladado, principalmente vía aérea, colocar una barra de acero en la parte superior del gabinete para que el punto de tensión se encuentre sobre dicha barra y no dañe el equipo.
- 6.- De acuerdo a la evaluación de los resultados de los dos Variadores recientemente adquiridos de fabricación REDA que entraran próximamente en operación, analizar la posibilidad de que los siguientes equipos sean de este mismo fabricante para generar competencia y hacer mejorar los servicios que nos brinda actualmente el actual proveedor.

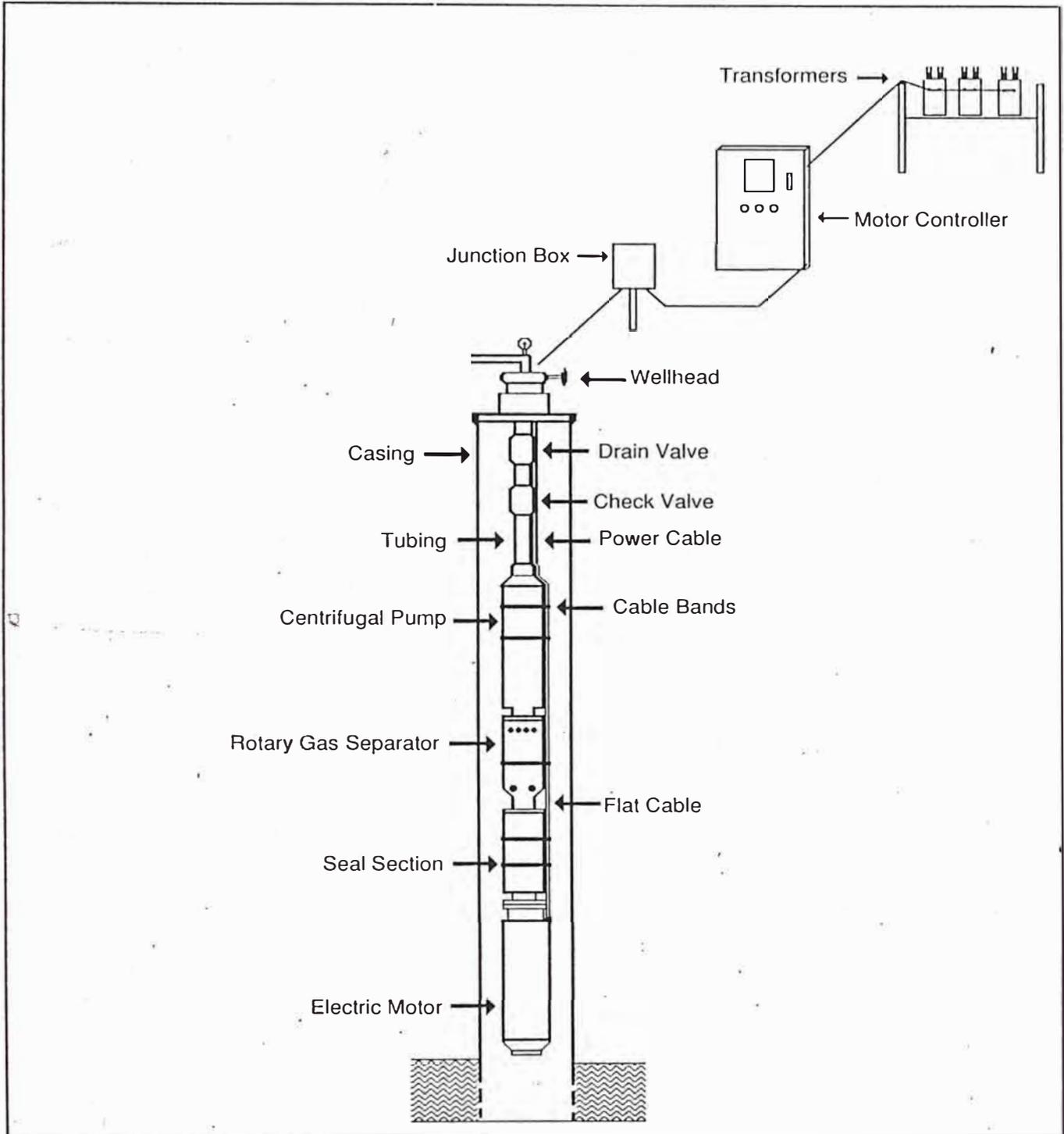
V. ANEXOS

ANEXO N° 1

CARACTERISTICAS DE LOS RESERVORIOS (SELVA NORTE - OPS)

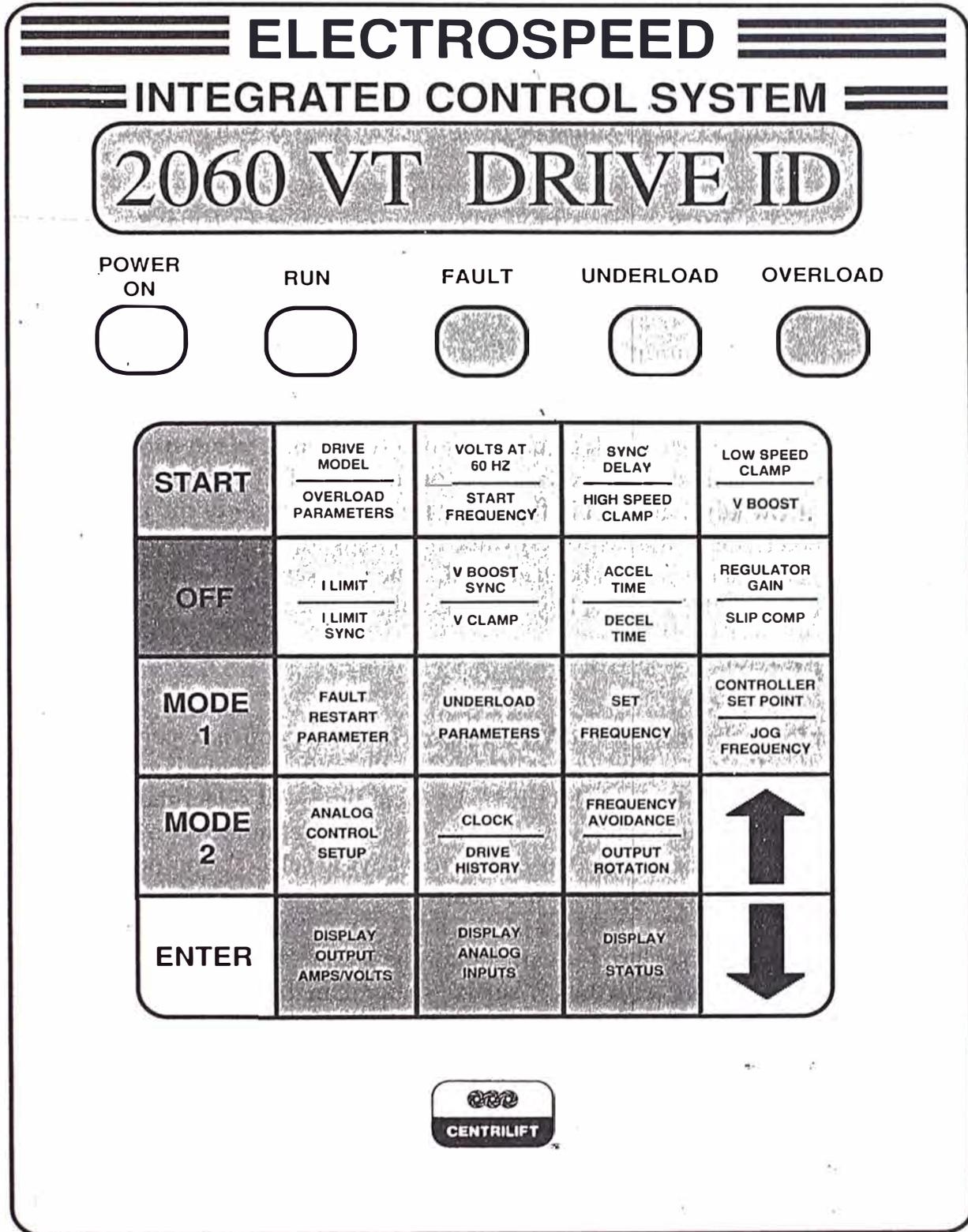
	CHONTA		VIVIAN
	PONA	CETICO	
PERMEABILIDAD (md)	50 - 1500	2000 - 5800	1500
POROSIDAD (%)	20 - 30	25	20
INDICE PRODUCTIVIDAD	1.8 - 4	2.0 - 38	10 - 20

ANEXO Nº 2



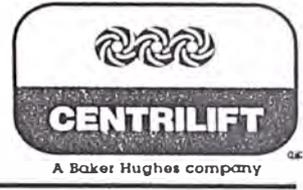
Typical ESP Installation
Figure 2 - 1

ANEXO Nº 3



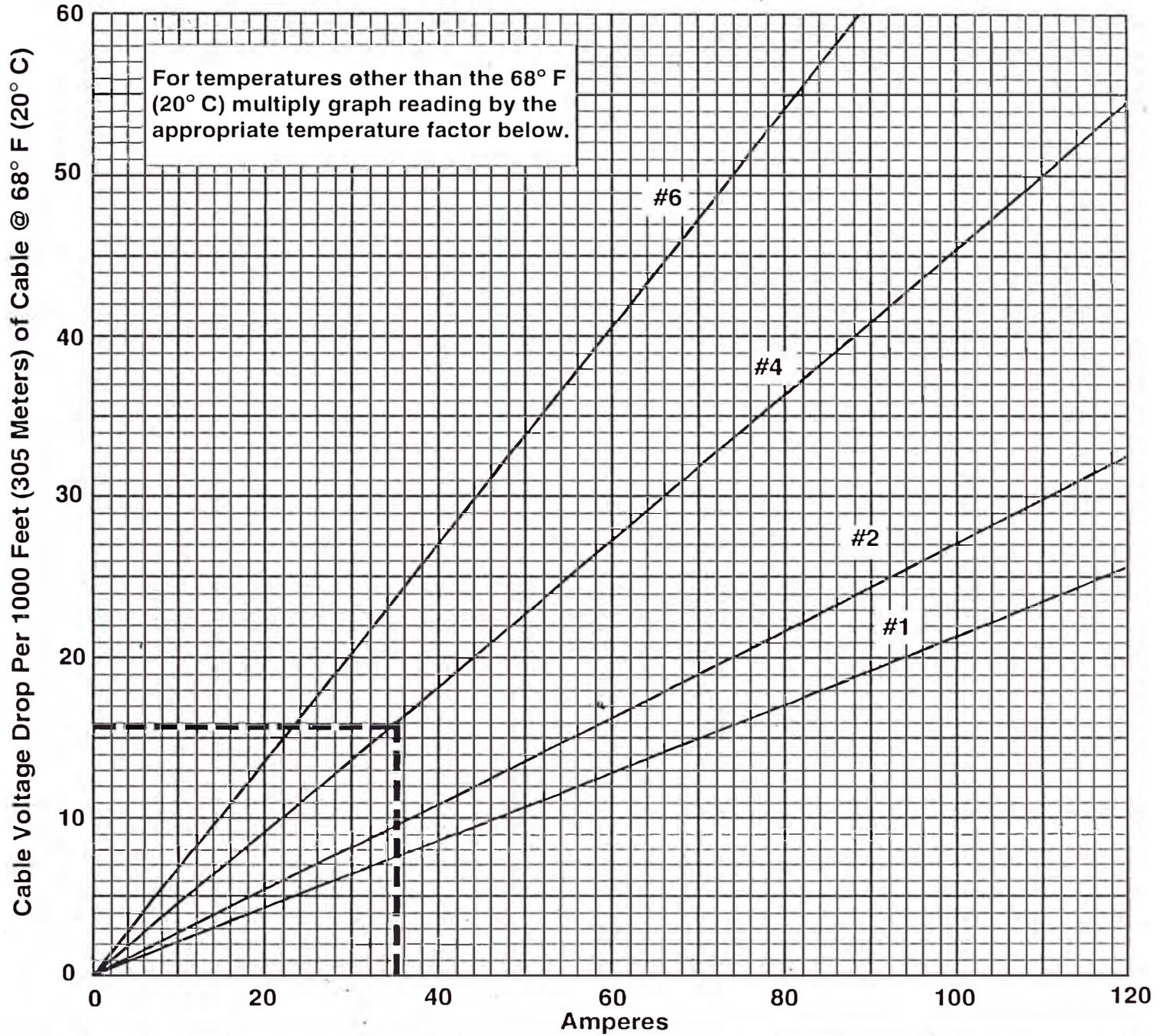
ICS OPERATOR INTERFACE KEYPAD

Figure 5.1



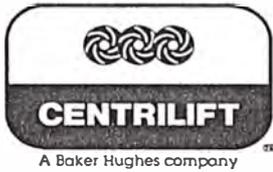
ANEXO Nº 4

EQUIPMENT SIZING



Temp. °F (°C)	Multiplying Factor	Temp. °F (°C)	Multiplying Factor	Temp. °F (°C)	Multiplying Factor
100 (38)	1.070	170 (77)	1.223	240 (116)	1.376
110 (43)	1.092	180 (82)	1.245	250 (121)	1.398
120 (49)	1.114	190 (88)	1.267	260 (127)	1.420
130 (54)	1.136	200 (93)	1.288	270 (132)	1.441
140 (60)	1.157	210 (99)	1.310	280 (138)	1.463
150 (66)	1.179	220 (104)	1.332	290 (143)	1.485
160 (71)	1.201	230 (110)	1.354	300 (159)	1.507

Figure 4 - 4



ELECTROSPEED ICS

WEATHER PROOF ENCLOSURE, NEMA 3 (IP 54)

MODEL	OUTPUT			INPUT	HEIGHT		WIDTH		DEPTH		WEIGHT		PRICE
	KVA*	AMPS	VOLTS*	AMPS	IN.	CM.	IN.	CM.	IN.	CM.	LBS.	KG.	
2060-3VT	66	79	480	80	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	REFER TO PRICE IN CATALOG
2075-3VT	83	100	480	111	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	
2100-3VT	111	133	480	135	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	
2125-3VT	130	156	480	160	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	
2150-3VT	163	196	480	200	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	
2200-3VT	200	241	480	245	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	
2250-3VT	260	313	480	315	72	182.9	28	71.1	37.5	95.3	1050	476	
4300-3VT	325	391	480	400	78	198.1	36	91.4	46.5	118.1	1650	748	
4350-3VT	390	469	480	470	78	198.1	36	91.4	46.5	118.1	1650	748	
4400-3VT	454	546	480	550	78	198.1	36	91.4	46.5	118.1	1650	748	
4500-3VT	518	624	480	625	78	198.1	36	91.4	46.5	118.1	1650	748	
8600-3VT	625	750	480	750	78	198.1	72	182.9	46.5	118.1	3300	1497	
8700-3VT	750	900	480	900	78	198.1	72	182.9	46.5	118.1	3300	1497	
8800-3VT	875	1050	480	1050	78	198.1	72	182.9	46.5	118.1	3300	1497	
8900-3VT	1000	1203	480	1200	78	198.1	72	182.9	46.5	118.1	3300	1497	

GENERAL PURPOSE ENCLOSURE, NEMA 1 (IP 20)

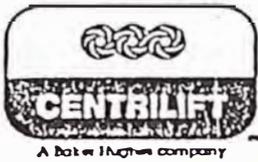
MODEL	OUTPUT			INPUT	HEIGHT		WIDTH		DEPTH		WEIGHT		PRICE
	KVA*	AMPS	VOLTS*	AMPS	IN.	CM.	IN.	CM.	IN.	CM.	LBS.	KG.	
2060-1VT	66	79	480	80	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	REFER TO PRICE IN CATALOG
2075-1VT	83	100	480	111	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	
2100-1VT	111	133	480	135	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	
2125-1VT	130	156	480	160	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	
2150-1VT	163	196	480	200	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	
2200-1VT	200	241	480	245	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	
2250-1VT	260	313	480	315	90	228.6	22	55.9	20	50.8	1000	454	
4300-1VT	325	391	480	400	90	228.6	36	91.4	20	50.8	1600	726	
4350-1VT	390	469	480	470	90	228.6	36	91.4	20	50.8	1600	726	
4400-1VT	454	546	480	550	90	228.6	36	91.4	20	50.8	1600	726	
4500-1VT	518	624	480	625	90	228.6	36	91.4	20	50.8	1600	726	
8600-1VT	625	750	480	750	90	228.6	72	182.9	20	50.8	3200	1451	
8700-1VT	750	900	480	900	90	228.6	72	182.9	20	50.8	3200	1451	
8800-1VT	875	1050	480	1050	90	228.6	72	182.9	20	50.8	3200	1451	
8900-1VT	1000	1203	480	1200	90	228.6	72	182.9	20	50.8	3200	1451	

380 VOLT RATINGS *

MODEL	OUTPUT		INPUT
	3VT or 1VT	KVA* AMPS	AMPS
2060	52	79	80
2075	66	100	111
2100	88	133	135
2125	103	156	160
2150	129	196	200
2200	159	241	245
2250	206	313	315

MODEL	OUTPUT		INPUT
	3VT or 1VT	KVA* AMPS	AMPS
4300	257	391	400
4350	308	469	470
4400	359	546	550
4500	411	624	625
8600	494	750	750
8700	592	900	900
8800	691	1050	1050
8900	792	1203	1200

* KVA AND VOLTAGE RATINGS ARE FOR 50 OR 60 HZ OPERATION



ANEXO Nº 6

FACTORY PRICE INFORMATION

TRANSFORMERS - VSC

VARIABLE SPEED, THREE PHASE, PAD MOUNTED

FACT III RATINGS - 30-90 HZ

KVA	PRIMARY	SECONDARY DELTA	SECONDARY WYE
100	480	600 Delta/1,496 Delta	1,039 WYE/2,591 WYE
130	480	750 Delta/1,500 Delta	1,299 WYE/2,685 WYE
200-500	480	1,100 Delta/2,200 Delta	1,905 WYE/3,811 WYE

FACT III PRICING

KVA*		HEIGHT		WIDTH		DEPTH		WEIGHT		PRICE
480v	397v	IN.	M.	IN.	M.	IN.	M.	LBS.	KG.	
100	83	51	1.30	42	1.07	37	0.94	2850	1293	
130	108	51	1.30	42	1.07	37	0.94	2850	1293	
200	166	58	1.47	54	1.37	45	1.14	4210	1910	
260	216	58	1.47	54	1.37	45	1.14	5125	2325	
355	291	58	1.47	54	1.37	45	1.14	5350	2427	
400	333	61	1.55	61	1.55	46	1.17	6050	2744	
520	416	61	1.55	61	1.55	71	1.80	6500	2948	

*Input volts must be 480 volts to achieve full KVA.

ESCO RATINGS - 30-90 HZ

KVA	PRIMARY	SECONDARY DELTA	SECONDARY WYE
67	480	480 Delta/960 Delta	831 WYE/1,661 WYE
90	480	750 Delta/1,247 Delta	1,300 WYE/2,160 WYE
125	480	750 Delta/1,497 Delta	1,299 WYE/2,593 WYE
200	480	744 Delta/2,088 Delta	1,289 WYE/3,617 WYE
260	480	1,105 Delta/1,950 Delta	1,914 WYE/3,377 WYE
350	480	1,100 Delta/2,220 Delta	1,905 WYE/3,845 WYE
400	480	1,109 Delta/2,155 Delta	1,921 WYE/3,732 WYE
500	480	1,100 Delta/2,220 Delta	1,905 WYE/3,845 WYE

ESCO PRICING

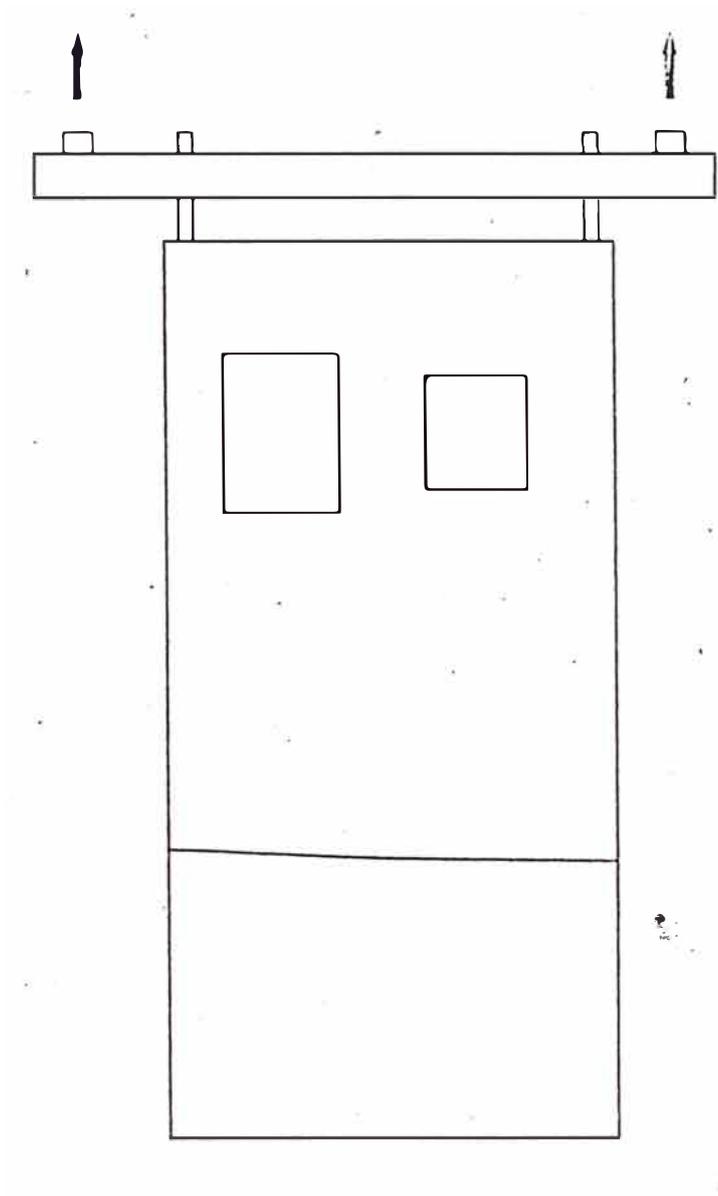
KVA*		HEIGHT		WIDTH		DEPTH		WEIGHT		PRICE
480v	397v	IN.	M.	IN.	M.	IN.	M.	LBS.	KG.	
67	55	53	1.35	42	1.07	37	0.94	2390	1084	
90	75	53	1.35	42	1.07	37	0.94	2530	1148	
125	104	54	1.37	40	1.02	45	1.14	3200	1451	
200	166	58	1.47	44	1.12	47	1.19	3855	1749	
260	215	58	1.47	44	1.12	47	1.19	4220	1914	
350	291	72	1.83	46	1.17	58	1.47	6310	2862	
400	333	71	1.80	50	1.27	58	1.47	6830	3098	
500	416	76	1.93	50	1.27	62	1.57	8300	3765	

*input volts must be 480 volts to achieve full KVA.

ALL PRICES ARE IN U.S. DOLLARS AND SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE - PRINTED IN U.S.A.
SUPERCEDES ALL PREVIOUS ISSUES

ANEXO N° 7

MANERA ADECUADA DE TRANSPORTAR EL VARIADOR
CON EL USO DE LA BARRA DE ACERO



ANEXO Nº 8

Electrospeed Integrated Control System

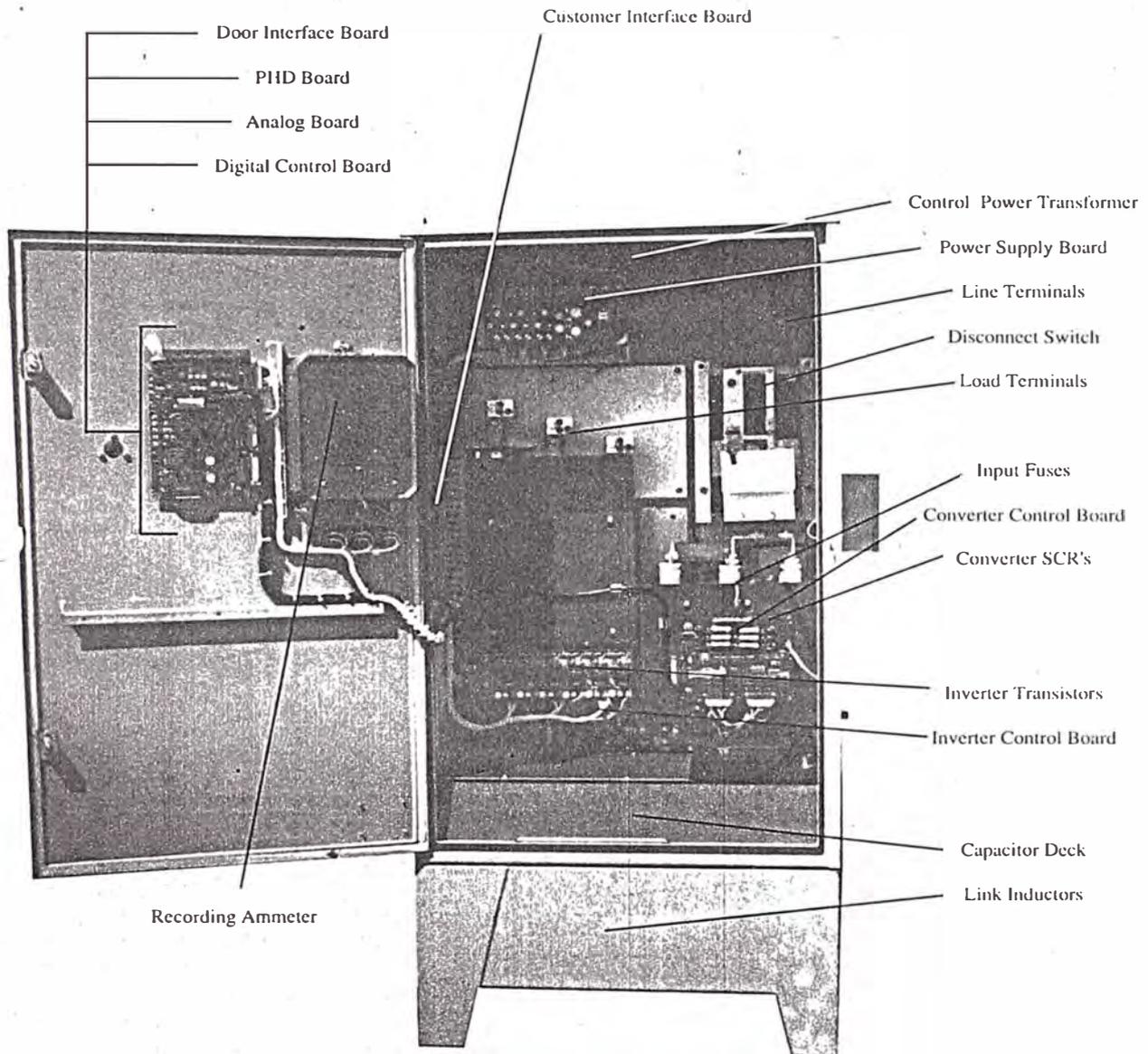
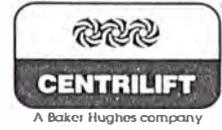


Figure 1.1 Major Component , NEMA 3, 4000 Series

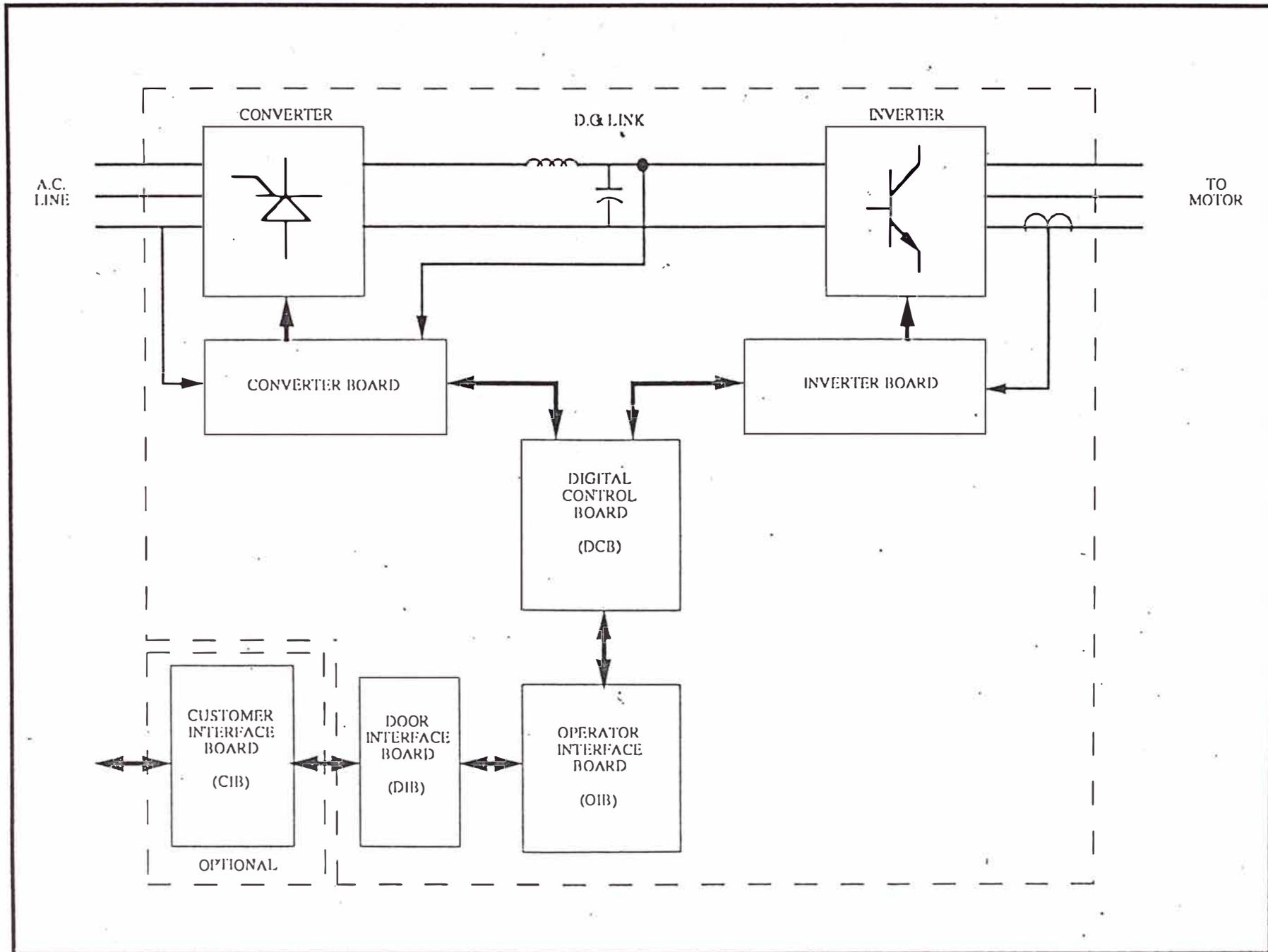


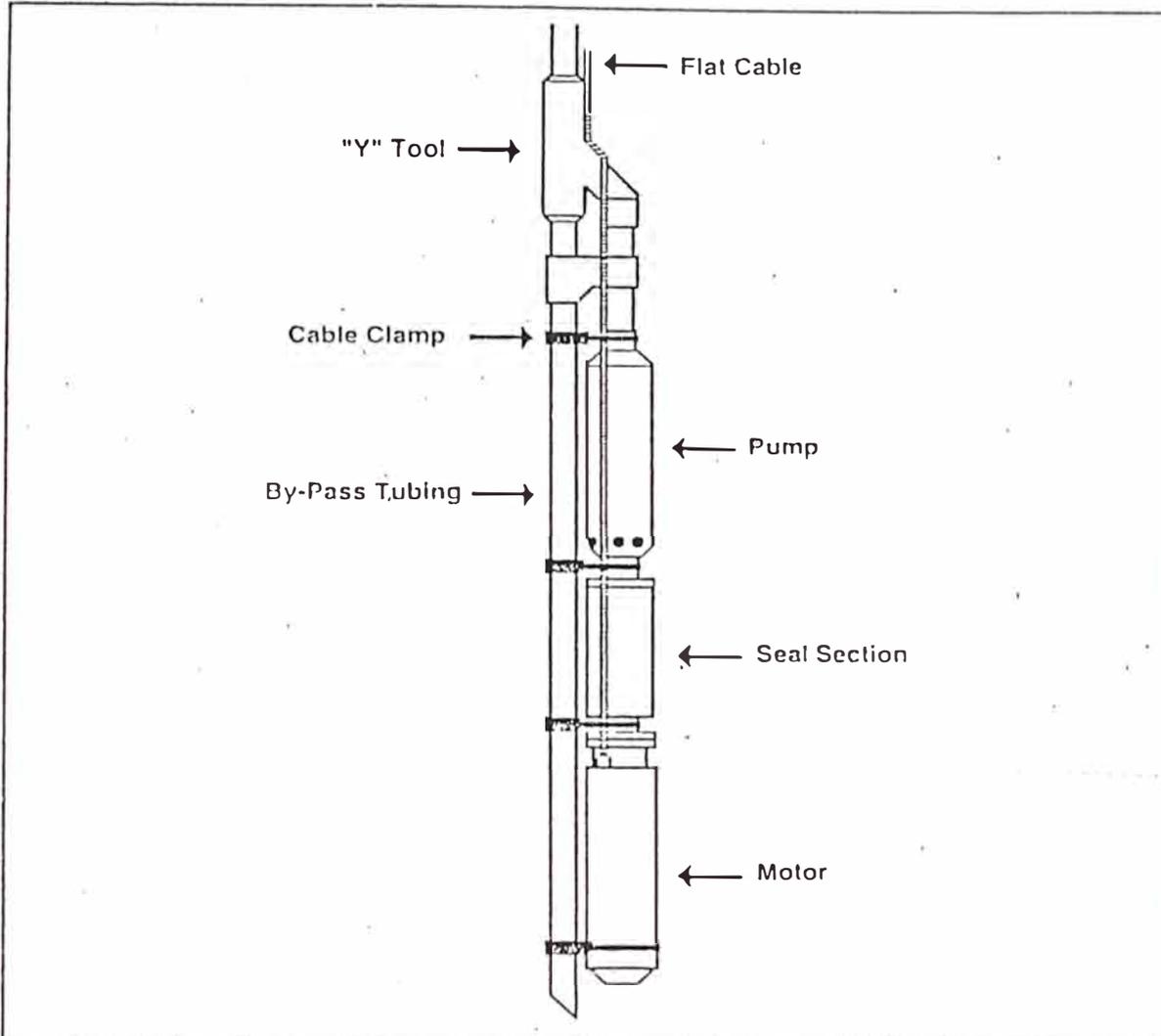
Figure 4.1 Basic Block Diagram



ANEXO Nº 10

A Baker Hughes company

TYPICAL ESP APPLICATIONS



ANEXO N° 11

FRECUENCIAS DE FALLAS DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

CAMPOS	1989	1990	1991	1992	1993	1994
CORRIENTES I	0	1	1	5	4	2
CORRIENTES II	6	5	15	16	6	8
PAVAYACU	0	0	0	0	13	3
CHAMBIRA	0	0	0	0	0	1
TOTAL	6	6	16	21	23	13

O.Jaramillo

ANEXO N° 12

MAXIMO NUMERO DE POZOS CON VARIADORES INSTALADOS

CAMPOS	1989	1990	1991	1992	1993	1994
CORRIENTES I	0	1	1	4	3	1
CORRIENTES II	3	6	7	7	7	5
PAVAYACU	0	0	0	0	6	13
CHAMBIRA	0	0	0	0	1	1
TOTAL	3	7	8	11	17	20

O.Jaramillo

ANEXO N° 13

INDICE DE FALLAS (N° FALLAS /POZO /AÑO)

AÑO	1989	1990	1991	1992	1993	1994
INDICE	2	0.86	2	1.91	1.35	0.65

O.Jaramillo

Electrospeed Integrated Control System

ANEXO N° 14



Electrospeed ICS Start-Up Work Sheet

Customer: PETROPERU S.A. Date: 22-MARZO-95

Well Number: 142D-CORRIENTES Drive S/N: 89020039

1. Motor Voltage: 2200 Amps: 43 Cable Size: 4 Length: 5000' ^{INTAKE @ 3}

2. Desired Operating Frequency Minimum: 40 Maximum: 65 ^{POZO-TRANSF ± 1500'}

3. Maximum Volts Available (Input Voltage): 480

4. Secondary Voltage @ Maximum Hertz: = $19.5 * 5.0 * 1.354$

$$\frac{\text{Motor Voltage } 2200 \times \text{Max Hz } 65}{60 \text{ Hz.}} + \text{Cable Drop } 132 = 2515$$

5. Secondary Voltage Taps Selected: 2598

$$\frac{\text{Secondary Voltage Taps Selected: } 2598}{\text{Transformer Primary } 480} = 5.41$$

7. Secondary Voltage @ 60 Hertz: =

$$\frac{\text{(from line 4) Secondary Voltage @ Max. Hertz } 2598 \times 60}{\text{Maximum Hertz. } 65} = 2322$$

8. Drive Volts @ 60 Hertz: =

$$\frac{\text{(from line 7) Secondary Voltage @ 60 Hertz } 2322}{\text{Transformer Ratio } 5.41} = 429$$

9. Required KVA @ Max Hertz: =

$$\frac{\text{Surface Voltage } 2515 \times \text{Motor Nameplate Amps } 43 \times 1.73}{1000} = 187$$

$$\text{10. Controller sizing:} = \text{Motor Name Plate Amps } \times \text{Transformer Ratio} = 233$$

(select a drive Model with a continuous current rating => than above calculation. (line 10). (Refer to table 2.1, page 10 for drive models).

$$\text{11. V-Clamp:} = \frac{\text{(from line 8) Drive Volts @ 60 Hertz } 429}{60} \times \text{Max Hz} = 480$$

Figure 5.2 Start-Up Work Sheet ICS Controller

ELECTROSPEED

INTEGRATED CONTROL SYSTEM

2060 VT DRIVE ID

- analog A
- . Type
- cting
- gnal
- nits
- o
- orp Gain
- it Gain
- v Gain
- w Alarm
- gh Alarm
- lrm Det
- og B
- . Type
- cting
- gnal
- nits
- ero
- pen
- orp Gain
- Gain
- v Gain
- ow Alarm
- igh Alarm
- lrm Det

POWER ON	RUN	FAULT	UNDERLOAD	OVERLOAD
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	4300-3VT MODEL	429 VOLTS AT 60 HZ	2 SYNC DELAY	40 LOW SPEED CLAMP
START	233 OVERLOAD	10 START FREQUENCY	65 HIGH SPEED CLAMP	0 V BOOST
OFF	245 I LIMIT	0 V BOOST SYNC	15 ACCEL TIME	70 REGULATOR GAIN
	291 I LIMIT SYHC	480 V CLAMP	15 DECEL TIME	0 SLIP COMP
	5 RESTARTS	$0.80 \times 125 = 100$ ULDERLOAD AMPS	40 KEYPAD	SET POINT
MODE 1	30 MIN RESTART	5 RESTARTS	SPEED POT	ANALOG A
	30 MIN RESET	30 SEC UL TRIP		ANALOG B
MODE 2	ANALOG CONTROL SETUP	CLOCK DRIVE HISTORY	FREQUENCY AVOIDANCE OUTPUT ROTATION	JOG FREQUENCY
ENTER	DISPLAY OUTPUT AMPS/VOLTS	DISPLAY ANALOG INPUTS	DISPLAY STATUS	



ANEXO N° 16

PRODUCCIONES INICIALES DEL POZO 142D-CORRIENTES

FECHA	ACEITE	AGUA	TOTAL	HR	PRESION	CORTE AGUA	A.L.	BSW	HZ	N. FLUID	P forros
23 Marzo	592	1258	1850	15	60	68	67.6	1.3	40		
24 Marzo	1776	1062	2838	24	60	37.4	36	2.2	40		
25 Marzo	1708	1292	3000	24	175	43	42	1.49	40	93'	0
26 Marzo	1458	1590	3048	24	175	52	51	1.4	40		
27 Marzo	1368	1714	3082	24	175	55.61	55	1.36	40		
28 Marzo	1328	1856	3184	24	175	58.2	57.5	1.86	40		
29 Marzo	1240	1832	3072	24	175	59.64	59.2	1.07	40		
30 Marzo	1194	1890	3084	24	175	61.28	60.8	1.23	40		
31 Marzo	1197	1898	3095	24	175	61.32	60.8	1.3	40		
01 Abril	1204	1906	3110	24	175	61.29	60.8	1.2	40	279'	0

El pozo no tuvo parada por bajacarga o sobrecarga ni por ninguna otra causa. Viene operando ininterrumpidamente.

Se verifico la productividad del pozo y se controlo el caudal de extraccion.

Se comprobo la buena sumergencia de la bomba.



Electrospeed ICS Start-Up Work Sheet

Customer: PETROPERU S. A. Date: 27-ABR-95

Well Number: 141D-CORRIENTES Drive S/N: _____

1. Motor Voltage: 1235 Amps: 40 Cable Size: 4 Length: 6900' ^{INTAKE} _{SUPERF.}

2. Desired Operating Frequency Minimum: 40 Maximum: 65

3. Maximum Volts Available (Input Voltage): 480

4. Secondary Voltage @ Maximum Hertz: =

$$\frac{\text{Motor Voltage } 1235 \times \text{Max Hz. } 65}{60 \text{ Hz.}} + \text{Cable Drop } 170 = 1508$$

5. Secondary Voltage Taps Selected: 1500

$$\text{Transformer Ratio: } = \frac{\text{Secondary Voltage Taps Selected: } 1500}{\text{Transformer Primary } 480} = 3.125$$

7. Secondary Voltage @ 60 Hertz: =

$$\frac{\text{(from line 4) Secondary Voltage @ Max. Hertz } 1508 \times 60}{\text{Maximum Hertz. } 65} = 1392$$

8. Drive Volts @ 60 Hertz: =

$$\frac{\text{(from line 7) Secondary Voltage @ 60 Hertz } 1392}{\text{Transformer Ratio } 3.125} = 445$$

9. Required KVA @ Max Hertz: =

$$\frac{\text{Surface Voltage } 1508 \times \text{Motor Nameplate Amps } 40 \times 1.73}{1000} = 104$$

$$10. \text{ Controller sizing: } = \text{Motor Name Plate Amps } 40 \times \text{Transformer Ratio } 3.125 = 125$$

(select a drive Model with a continuous current rating => than above calculation. (line 10). (Refer to table 2.1, page 10 for drive models).

$$11. \text{ V- Clamp: } = \frac{\text{(from line 8) Drive Volts @ 60 Hertz}}{60} \times \text{Max Hz} = 480$$

Figure 5.2 Start-Up Work Sheet ICS Controller

ELECTROSPEED

INTEGRATED CONTROL SYSTEM

2060 VT DRIVE ID

POWER ON	RUN	FAULT	UNDERLOAD	OVERLOAD
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

START	4300-3VT	445	2	40
	MODEL	VOLTS AT 60 HZ	SYNC DELAY	LOW SPEED CLAMP
	125	10	65	0
	OVERLOAD	START FREQUENCY	HIGH SPEED CLAMP	V BOOST
	5			
	TRIP TIME			
OFF	131	0	15	70
	LIMIT	V BOOST SYNC	ACCEL TIME	REGULATOR GAIN
	156	480	15	0
	LIMIT SYNC	V CLAMP	DECEL TIME	SLIP COMP
MODE 1	5	0.80 x 100 = 80	56	
	FAULT RESTARTS	ULUNDERLOAD AMPS	SET FREQUENCY	SET POINT
	30	30	KEYPAD	ANALOG A
	MIN RESTART	MIN RESTART		
	30	5	SPEED POT	ANALOG B
	MIN RESET	RESTARTS		JOG FREQUENCY
MODE 2		30		
		SEC UL TRIP		

MODE 2

ANALOG CONTROL SETUP

CLOCK DRIVE HISTORY

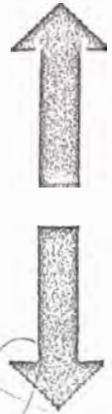
FREQUENCY AVOIDANCE OUTPUT ROTATION

ENTER

DISPLAY OUTPUT AMPS/VOLTS

DISPLAY ANALOG INPUTS

DISPLAY STATUS



ANEXO N° 19

PRODUCCIONES INICIALES DEL POZO 141D-CORRIENTES

FECHA	ACEITE	AGUA	TOTAL	HRS	PRESION	CORTE AGUA	A.L.	BSW	HERTZ	N. FLUIDO	P forros
28 Abril	77	356	433	7	65	82.2	82.2	1.21	55		
29 Abril	696	824	1520	24	80	54.2	53.5	1.53	55	2139'	0
										2108'	10
30 Abril	837	693	1530	24	80	45.29	44.6	1.19	55		
01 Mayo	840	685	1525	24	80	44.9	44.2	1.3	55		
02 Mayo	845	675	1520	24	80	44.41	43.7	1.3	55		
03 Mayo	846	669	1515	24	105	44.16	43.3	1.5	55		
04 Mayo	853	672	1525	24	105	44.07	43.3	1.5	55		
05 Mayo	818	662	1480	24	105	44.73	44	1.3	55		
06 Mayo	883	737	1620	24	110	45.49	44.3	2.3	57	Se incremento 2 Hz.	
07 Mayo	888	742	1630	24	110	45.52	44.3	2.3	57		
10 Mayo	877	738	1615	24	110	45.7	44.5	2.2	57		
18 Mayo	892	798	1690	24	110	47.22	46.5	1.3	57		
19 Mayo	875	825	1700	24	110	48.53	48	1	57		
20 Mayo	853	847	1700	24	110	49.82	49	1.6	57		

Se verifico la productividad del pozo y se controlo el caudal de extraccion.

Se comprobo buena sumergencia de la bomba e inclusive se incremento la frecuencia al Variador para una mayor extraccion.