

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**ANÁLISIS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA WARD  
LEONARD EN GRÚAS DE CARGA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**DANIEL ANDRES LECTOR POLO**

**PROMOCIÓN**

**1986**

**LIMA – PERÚ**

**2010**

**ANALISIS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA WARD  
LEONARD EN GRÚAS DE CARGA**

Dedico este trabajo a mis padres por el apoyo incondicional en mi formación.  
A mi esposa e hijas quienes me acompañan en mi lucha de superación.

4.2.2 Regulación del sensor de 85% de carga	34
4.2.3 Regulación del sensor de 110% de carga	34
4.2.4 Regulación del sensor de 15% de velocidad nominal	35
4.2.5 Regulación del sensor de sobre velocidad , 240% de velocidad nominal	35
4.2.6 Regulación del sensor de estado, del bobinado de excitación de motores de gancho y cuchara	35
4.2.7 Regulación del sensor de corriente de armadura por sobrecarga.	36
4.2.8 Regulación de protector térmico del motor trifásico de inducción, primo.	36
4.3 Datos de prueba del motor de giro o ronza, plano No 41 anexo A	36
4.3.1 Datos de prueba del bobinado de excitación del generador.	36
4.3.2 Datos de prueba del bobinado de excitación del motor.	37
4.3.3 Datos de prueba del bobinado de freno del motor.	37
4.4 Datos de prueba del motor de pluma, plano No 61 anexo A	37
4.4.1 Datos de prueba del bobinado de excitación del generador.	37
4.4.2 Datos de prueba del bobinado de excitación del motor.	38
4.4.3 Datos de prueba del bobinado de freno del motor.	38
4.5 Comparación de resultados de la regulación de sensores, con respecto a otra grúa con bobinados originales.	38

## **CAPITULO V**

### **COSTOS POR OPERACIÓN Y REPARACIÓN DE LA GRÚA A BORDO DEL BUQUE DE CARGA**

5.1 Costos de operación	42
5.2 Cálculo aproximado de gastos adicionales por una falla de la grúa	42
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	44
<b>ANEXOS</b>	46
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	78

## SUMARIO

El presente informe es un trabajo de campo, que ofrece pautas generales de cálculos sencillos en el elemento o parte del circuito eléctrico que nos informará sobre el estado de trabajo del sistema Ward Leonard y la regulación de la misma se pueda realizar rápidamente ante una contingencia que muy frecuentemente se presentan en buques.

En el capítulo I, hablamos sobre los motores de corriente continua, partes, el efecto de la reacción de armadura, variación de velocidad y tipos de motores.

En el capítulo II, tratamos de generadores, curvas características, el sistema Ward Leonard.

En el capítulo III, se trata del sistema Ward Leonard fijado en el barco y utilizado como grúa de uso múltiple, características técnicas, eléctricas y particulares. Asimismo el uso de la grúa para carga de granos, en el modo de **cuchara**; o pesos unitarios como locomotoras, fardos de papel o madera, bobinas de metal, etc., en el modo de **gancho**.

En el capítulo IV, tratamos la operación de la grúa, cálculos de parámetros eléctricos de protección y regulación de sensores, para una operación eficiente y segura de la grúa.

En el capítulo V, costos de operación ante la eventualidad de una falla temporal y costos de reparación y demás costos que involucra una parada de la grúa.

En las conclusiones, se comenta la experiencia recogida y detalles de la misma.

Presentamos anexos de planos eléctricos, de los que se utilizaron datos para cálculos de los parámetros eléctricos, fotos y algunos planos de detalles de la grúa.

Finalmente nombramos la bibliografía utilizada en el presente informe.

## **INDICE**

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA</b>	
1.1 Partes constructivas de los motores de corriente continua	3
1.2 El campo magnético producido por el rotor y la reacción de armadura	4
1.3 El motor de corriente continua en régimen estable	7
1.4 Tipos de motores, curvas características	7
1.4.1 El motor de excitación independiente	7
1.4.2 El motor de excitación paralelo o shunt	7
1.4.3 El motor de excitación serie	8
1.4.4 El motor de excitación compuesta	9
1.5 Regulación de velocidad de un motor de corriente continua.	10
1.5.1 Variación de la velocidad por reóstato de campo	10
1.5.2 Variación de la velocidad, variando la tensión aplicada a la armadura.	10
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA</b>	
2.1 El generador de corriente continua en régimen estable	13
2.2 Tipos de generadores	13
2.2.1 Generador de excitación independiente	13
2.2.2 Generador de excitación paralelo o shunt	14
2.2.3 Generador de excitación serie	14
2.2.4 Generador de excitación compuesta	15
2.3 Curvas características de los generadores	15
2.3.1 Curva de magnetización	15
2.3.2 Curva bajo carga o exterior	16
2.4 Equipos Ward Leonard	17
2.4.1 Control de voltaje de armadura	17

2.4.2 Control de corriente de campo del motor	17
<b>CAPITULO III</b>	
<b>ESPECIFICACIONES OPERACIONALES DE LA GRÚA</b>	
3.1 La grúa	19
3.1.1 Fijación de la grúa al barco	20
3.1.2 Características técnicas	21
3.1.3 Particularidades de los motores eléctricos	23
3.1.4 Designaciones particulares	23
3.1.5 Materiales particulares	23
3.2 Estructura de componentes	24
3.2.1 Soporte principal	24
3.2.2 Sala de mando.	24
3.2.3 Brazo de accionamiento o pluma.	24
3.2.4 Giro o ronza	24
3.3 Modos de operación	25
3.3.1 Modo de cuchara.	25
3.3.2 Modo de gancho	25
3.4 Micro interruptores limitadores de posición.	25
3.5 Iluminación	26
3.6 Lubricación	27
3.7 Calefacción	27
3.8 Accesorios	27
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>OPERACIÓN DE LA GRÚA</b>	
4.1 Datos de prueba de motores de gancho y cuchara	29
4.1.1 Datos de excitación en los 04 reactores (MFA)	29
4.1.2 Datos de excitación para diferentes movimientos y velocidades	29
4.1.3 Datos del bobinado de excitación del motor de gancho plano No 28 anexo A	31
4.1.4 Datos medidos en el bobinado del freno del motor según plano No 28 anexo A	32
4.2 Cálculo de parámetros eléctricos de protección y regulación de sensores para una operación eficiente y segura de la grúa.	32
4.2.1 Regulación del sensor de 10% de carga	34

## PRÓLOGO

En buques de carga, que transportan miles de toneladas métricas de granos, o grandes pesos de diferentes volúmenes, se ven en la necesidad de poseer equipos de grúas que cumplan la doble función de cargar y descargar productos, en forma de granos como la cebada, arroz, minerales a granel, polivinilos, etc. Así como rollos de celulosa (papel), tambores de acero, fardos de madera, vehículos, contenedores, por este motivo, barcos de gran tonelaje eligen grúas de propósitos múltiples, que garanticen la maniobrabilidad de sus diferentes tipos de carga, utilizando para tal fin motores de corriente continua controlados por fuentes de tensión variables de fácil y confiable regulación, los sistemas Ward Leonard se hacen de necesidad imperiosa en cada tipo de movimiento de la grúa, como levantar/bajar, trasladar y rotar la carga.

Si bien es cierto que un motor de corriente continua, satisface los requerimientos de par constante, que exigen los pesos, controles de velocidades dentro de amplios rangos, fácil operación para el personal encargado de la maniobra, llámese operadores de la grúa, versatilidad de operación, los problemas que se presentan son de consecuencia considerables desde el punto de vista económico y funestas al provocar accidentes para el operador o personal involucrado con las estibas de las cargas, u otras personas.

Estas grúas en cualquiera de sus 2 formas de trabajo, de **cuchara** o de **gancho** pueden cargar pesos de 10 t y 25 t de carga neta respectivamente. Considerando que los parámetros constructivos originales varían después de una reparación o sustitución de una de sus partes, con mayor razón si hablamos de un rebobinado parcial o total, asimismo los sensores fallan y deben ser cambiados por otros, muchas de las veces de diferentes fabricantes con otro tipo de regulación o parámetros a controlar.

Por estas razones se hace necesario un correcto cálculo de sus parámetros de trabajo en condiciones estables, una protección rápida y eficiente, colocando sensores en partes estratégicas que garanticen su operación óptima, acompañados de limitadores de movimiento fuera de su ámbito normal de trabajo.

Las regulaciones a efectuarse, no deben de modificar el trabajo sincronizado y seguro de todo el sistema Ward Leonard, debiendo de tener precisión con errores de  $\pm 5\%$  de los

valores calibrados, lo que obliga a que el personal encargado del mantenimiento, sepa calcular rápidamente y detectar la ubicación de cada sensor en caso éstos fallen, por sus múltiples causas.

En buques de carga es urgente ubicar y subsanar las fallas en el menor tiempo posible, ya que si éstos se mantienen, ocasionará averías en alguna parte del motor o generador, que como se conoce son costosos, agravando el problema por causas de un posible error en la regulación y falla en su seguridad.

Debo aclarar que el presente informe, se realizó bajo la base de una fuerte avería a un motor en el sistema de gancho, que fue rebobinado, utilizando materiales no originales, que obligaron a nuevas calibraciones de sus sensores, y a bordo, por la antigüedad del barco, no se tenía información de la forma a calibrar, datos de parámetros eléctricos de los motores y generadores, por lo cual se tuvieron que someter a diferentes pruebas al motor rebobinado, para poder tener información y poder recalibrar los sensores ayudados por los planos eléctricos originales. Se conoce que una modificación en cualquier parte del sistema Ward Leonard altera su funcionamiento del grupo motor/generador, más aún conociendo el hecho que debe estar siempre sincronizado, teniendo influencia en todos los sensores involucrados.

En el presente informe, no se pretende en ningún momento ser exhaustivo en sus alcances, sino mostrar capacidad y utilidad de cálculos elementales que permiten calibrar los sensores y lograr una operación segura y eficiente de la grúa.

Además, el presente material sirve de consulta a las nuevas personas que se inician en las tareas de mantenimiento, operación y control de motores y generadores de corriente continua.

## **CAPITULO I MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**

Son máquinas eléctricas conectadas a la red a través de un conmutador, en cualquier máquina de corriente continua hay un conmutador que transforma la corriente continua en alterna, estos aparatos electromecánicos se emplean como motores y como generadores.

Los motores de corriente continua poseen un gran margen de regulación de la frecuencia de rotación, conservando un alto rendimiento en toda la banda de velocidades y puede tener características mecánicas que respondan a exigencias especiales. Por eso a pesar que estos motores son 2 ó 3 veces más caros que los motores asíncronos o de cortocircuito, se aplican en todos los casos en que sus cualidades particulares sean de gran importancia, se emplean en cargas que necesitan alta torsión y amplios límites de regulación de velocidades como locomotoras, trenes urbanos, moliendas, grúas. Los grandes motores de corriente continua son usados como winches que maniobran redes de barcos de pesca industrial, accionamiento de hélices de barcos con propulsión eléctrica.[1]

### **1.1 Partes constructivas de los motores de corriente continua**

Las principales partes que conforman una máquina de corriente continua son:

**El estator**, formado por una corona de material ferromagnético de 1 ó 2 mm de espesor sujetas por espárragos enroscados en el cuerpo del núcleo por medio de tuercas con respectivos aisladores, sus componentes, son : [2]

- **Los polos**, hecho de acero silicoso laminado, en ellos se alojan los devanados de excitación, el número de polos depende de la potencia y de frecuencia de rotación, por lo general se construyen máquinas de 4 polos, aunque las hay de 6 polos.
- **Las bobinas de campo**, son enrolladas alrededor de los polos formando parte de los bobinados de excitación de la máquina.
- **Bobina shunt**, de muchas espiras de alambre delgado, se colocan en los polos.
- **Bobina serie**, de pocas espiras de alambre grueso, instalados en los inter polos.
- **Los inter polos**, son hechos de acero al silicio, son de forma maciza. Se sujetan al armazón por pernos, se montan las bobinas de calibre grueso, normalmente van conectados en serie con el inducido.

- **Los arrollamientos de compensación**, están formados por los conductores que se colocan en los polos con el objeto de neutralizar los efectos de la reacción de armadura, que se presenta en la máquina con carga.  
Solamente lo llevan las máquinas de gran potencia ya que su costo es bastante elevado.
- **El yugo del estator** es necesario ya que a través de éste se cerrará el circuito magnético de la máquina.
- **La escobilla y el porta escobilla**, toda máquina requiere de por lo menos 2 escobillas, están hechas de carbón o de cobre grafitado y van alojadas en los porta escobillas, están sujetas a un anillo que va entornillada al yugo, se prevé la posibilidad de regular la presión entre el carbón y las delgas, y el mantenimiento automático de la presión a medida que las escobillas se desgastan. En la dirección tangencial la escobilla recubre normalmente 3 delgas, la cantidad de éstas coincide con el número de polos de la máquina (la mitad de ellos tiene la polaridad positiva y la otra mitad negativa). Los carbones con sus respectivas porta escobillas de la misma polaridad van unidas a través de barras colectoras.

b) **El rotor**, el circuito magnético del inducido se compone de uno o varios conjuntos armados de chapas barnizadas de acero al silicio de 0.5 mm de espesor, presenta canales de ventilación en donde van alojados además el devanado de la armadura, el circuito se mantiene prensado por anillos de apriete que sirven de porta devanados.

El conmutador, o llamado también colector se compone de una serie de delgas hechas de cobre, aisladas entre sí y del cuerpo por medio de arandelas de mica cónicas y cilíndricas. El conjunto de delgas se encuentran en estado prensado, con auxilio del casquillo y arandelas aisladas que le dan una estructura sólida y forma cilíndrica regular.

El arrollamiento de armadura, consta de espiras alojadas dentro de las ranuras, pudiendo ser de 1 o 2 capas con formas imbricadas u onduladas cuyos terminales son conectados a las delgas formando el bobinado inducido que soportara las corrientes de carga.

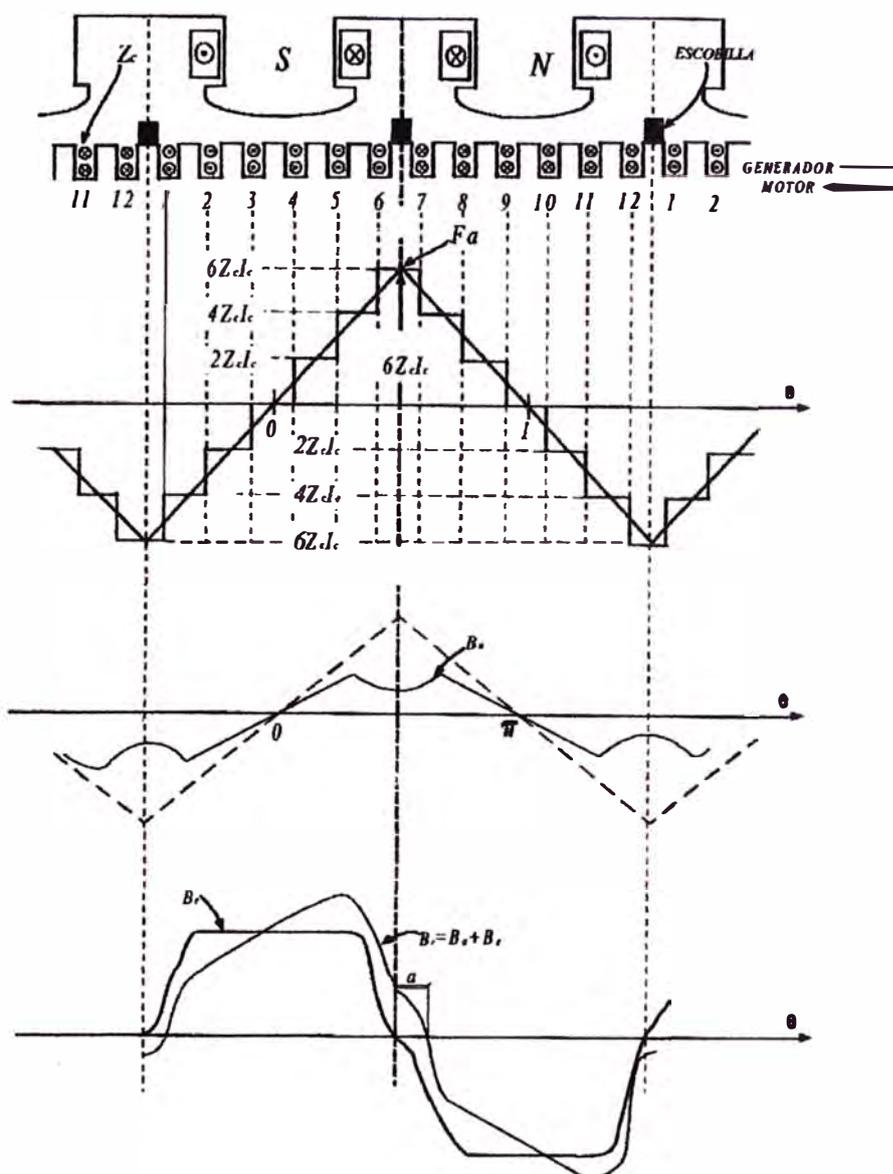
El conmutador también es considerado un convertidor de frecuencia mecánico.

## **1.2 El Campo magnético producido por el rotor y la reacción de armadura**

El rotor lleva un arrollamiento del tipo distribuido tal como se aprecia en la Fig. 1.1, los conductores se alojan en la ranura del rotor de  $Z_c$  conductores.

Cuando la máquina presenta carga, los conductores son recorridos por una corriente  $I_c$  cuya dirección está indicada en la Fig. 1.1. El conmutador mantiene siempre las direcciones indicadas a pesar del movimiento, por lo que el campo magnético del rotor





**Fig. N° 1.2** Campo magnético en el entrehierro

El flujo de armadura atraviesa el entrehierro y se combina con el flujo producido por el estator, ambos flujos tienen la misma dirección en la mitad de cada cara polar y dirección contraria en la otra mitad, por lo que la densidad de flujo se incrementa en la zona donde los flujos son aditivos y se reduce en la zona donde son sustractivos.

Debido a la saturación magnética, el incremento de flujo es menor que el decremento, por lo que el flujo resultante es menor y por consiguiente la reacción de armadura ejerce un efecto desmagnetizante sobre las caras polares. Esto se traduce en una disminución de la f.e.m. generada por la máquina.

### 1.3 El motor de corriente continua en régimen estable

La característica principal del motor que determina su funcionamiento en régimen estable, es la característica mecánica. Fig. 1.3

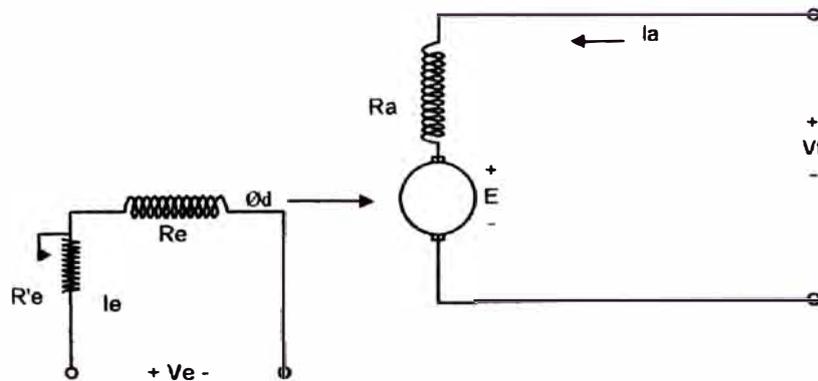


Fig. N° 1.3 Motor de excitación independiente, en régimen estable

De acuerdo con kirchoff:

$$V_t = E + R_a I_a \quad (1.2)$$

$$E = K_a \Phi_d \omega \quad (1.3)$$

El torque electromagnético producido por el motor será:

$$T_{em} = K_a \Phi_d I_a \quad (1.4)$$

En el circuito de excitación se tiene:

$$V_e = R_e I_e \quad (1.5)$$

Resumiendo, se tiene:

$$V_t = K_a \Phi_d \omega + R_a I_a \quad (1.6)$$

Despejando la velocidad angular  $\omega$ , se obtiene la ecuación:

$$\omega = \frac{V_t - R_a I_a}{K_a \Phi_d} \quad (1.7)$$

## 1.4 Tipos de motores, curvas características

### 1.4.1 El motor de excitación independiente

Representado en la figura N° 1.3, normalmente utilizado para cargas que se pueda arrancar en vacío, se coloca una resistencia de arranque en serie con la armadura para limitar dicha corriente de arranque.

Las formulas que lo controlan son las del sub capitulo 1.3

### 1.4.2 El motor de excitación paralelo o shunt

Es el motor que tiene la mejor regulación de velocidad en cambio su par de arranque no es muy elevado. Su par motor varía linealmente con la carga, se emplea principalmente para accionar cargas de velocidad constante. Ver Fig. 1.4

Se necesita una resistencia en serie con el inducido graduado a su máximo valor para limitar su corriente de arranque, y otra resistencia reguladora de la velocidad colocada en serie con el bobinado de excitación.

Para diferentes valores de la corriente de excitación se obtienen linealmente tensiones electromotrices  $E$  hasta alcanzar el codo, esta curva es la llamada curva de saturación del material ferromagnético.

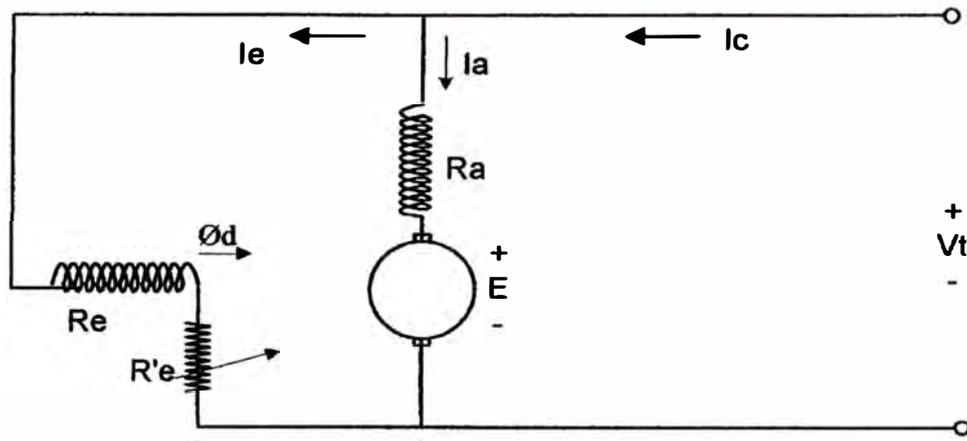


Fig. 1.4.- Motor de excitación paralelo o shunt, en régimen estable

### 1.4.3 El Motor de excitación serie

Este motor varía mucho su velocidad con la carga y tiende a asumir velocidades altas en vacío, tienen un alto par de arranque y soporta mejor las sobrecargas, se emplea para accionar cargas pesadas, tales como montacargas, ascensores, etc.

Devanados de pocas vueltas pero de gran sección, la corriente de campo es igual al de armadura, que el motor toma de la red, debido a que la corriente de excitación crece a medida que aumenta la carga en el eje, tenemos:

- Para cargas pequeñas, el motor trabaja en la zona lineal.
- Para cargas grandes, en zona de motor saturado. Ver Fig. 1.5 y 1.6

Ecuaciones:

$$V = R'a I_a + (K \Phi) \omega \quad (1.8)$$

$$I_a = I_e = I_c$$

$$\omega = \frac{V_t - R'a I_a}{K\Phi} = \frac{V_t}{C} - \frac{R'a I_a}{C} \quad (1.9)$$

$$C = k \Phi$$

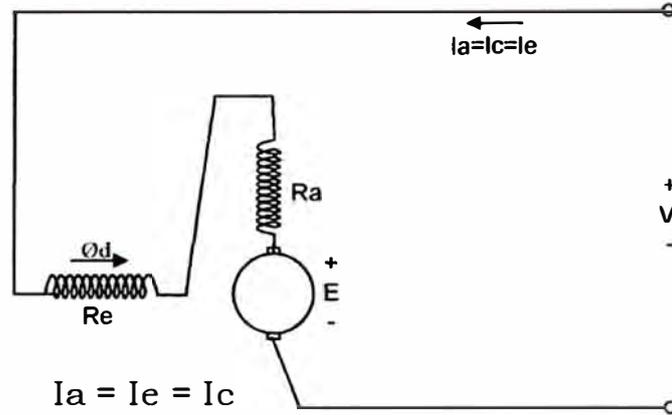
$$R'a = R_a + R_e$$

Cuando la carga es pequeña la velocidad es muy grande.[3]

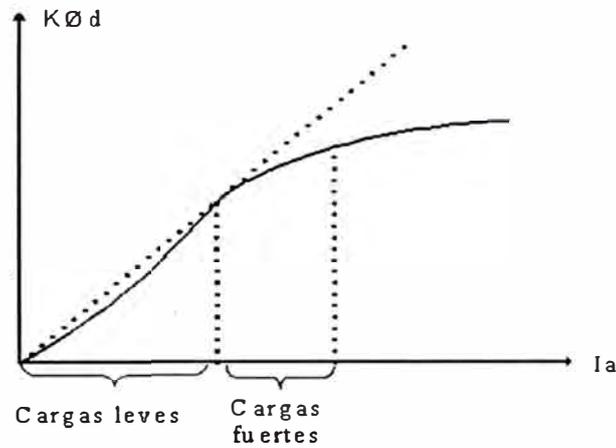
Se utiliza bajas tensiones de red para el arranque del motor serie

$$T_e = C I_a^2 \text{ a cargas chicas} \quad (1.10)$$

$$T_e = C I_a \text{ a cargas pesadas} \quad (1.11)$$



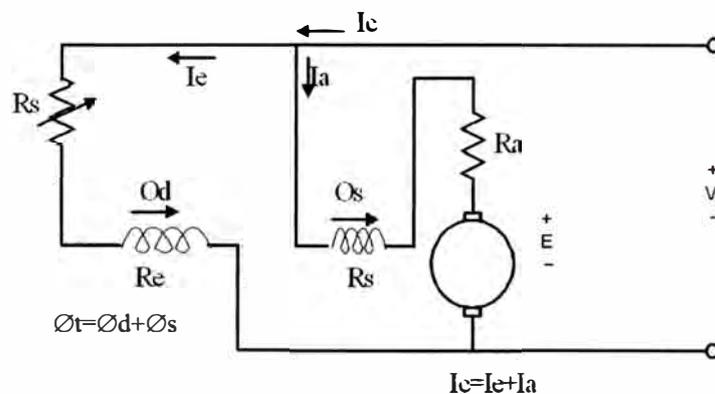
**Fig. 1.5.-** Motor de excitación serie, en régimen estable



**Fig. 1.6.** Curva de saturación

#### 1.4.4 El motor de excitación compuesta

Tiene características intermedias entre el shunt y el serie, su par de arranque es bastante elevado y no tiene el inconveniente del embalamiento en vacío del motor serie, se utiliza para mover cargas pesadas, tales como ascensores, grúas, etc. Fig. 1.7



**Fig. 1.7** Motor de excitación compuesta - conexión larga.

Estos tipos de motores se clasifican según la conexión del bobinado shunt, en:

- Motor de excitación compuesta, conexión larga

- Motor de excitación compuesta, conexión corta

### 1.5 Regulación de velocidades de un motor de corriente continua

La variación de velocidades de estos motores, puede lograrse de varias maneras relativamente simples, sobre complejidades mayores en otros tipos de motores. Aquí se aprovecha la ventaja, sobre todo ante los motores de inducción de corriente alterna.

Conocemos:

$$\omega = \frac{V_t - R_a I_a}{k_a \Phi_d} \quad (1.12)$$

Se aprecia que la velocidad es inversamente proporcional al flujo  $\Phi_d$  por consiguiente variando este flujo, se podrá variar la velocidad del motor y esto se logra fácilmente colocando un reóstato de campo en el circuito shunt de excitación, así como también en el bobinado de excitación de un motor con excitación independiente. Con él se puede regular la corriente de excitación del motor, que es la que produce el flujo principal  $\Phi_d$ .

También puede variar se la velocidad variando la tensión  $V_t$  aplicado al motor, a mayor tensión, mayor velocidad.

Finalmente una tercera posibilidad, consiste en variar la resistencia (  $R_a + R_s$  ) del circuito de armadura, mediante una resistencia serie.

De las tres formas mencionadas, la del reóstato serie es poco utilizada por las excesivas pérdidas que se producen en dicho reóstato.

#### 1.5.1 Variación de la velocidad por reóstato de campo

El reóstato de campo permite variar la corriente de excitación del motor shunt, compuesta y el de excitación independiente. Fig. 1.3 y 1.4

Es importante observar que la velocidad aumenta al reducir la corriente de excitación, por lo que la velocidad mínima o de base se obtiene con  $R'_e = 0$ .

Al aumentar la resistencia de campo, aumenta también la velocidad, al mismo tiempo se produce el par motor:

$$T_a = K_a \Phi_d I_a \quad (1.13)$$

Mientras que la potencia se mantiene constante:

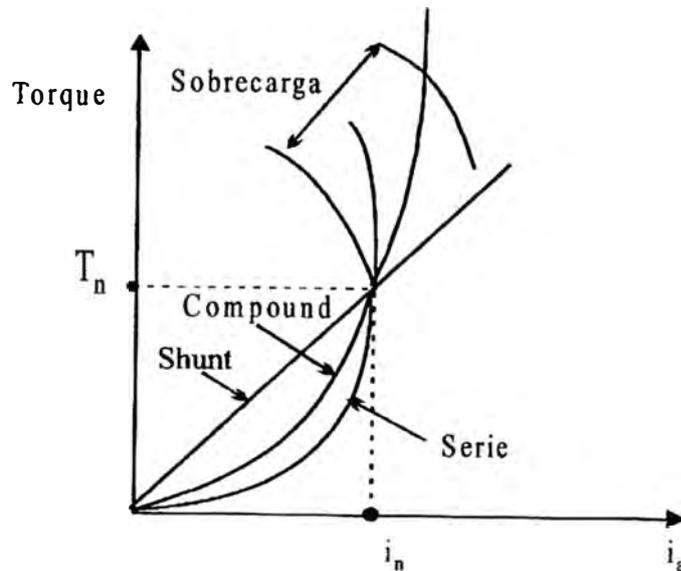
$$P = V_t I_a = \omega T_a \quad (1.14)$$

Por lo tanto este método se denomina de **potencia constante** y puede emplearse cuando la carga tiene esa característica.[4]

#### 1.5.2 Variación de la velocidad, variando la tensión aplicada a la armadura.

La velocidad es proporcional a la tensión aplicada, a plena tensión se obtiene la velocidad máxima y reduciendo la tensión podremos bajar la velocidad a cero.

Al mismo tiempo se reducirá la potencia del motor ( $P = Vt I_a$ ), mientras que el par permanecerá constante ( $T_a = K_a \Phi I_a$ ), razón por la cual a este método se le conoce como **par constante**.



**Fig. 1.8** Torque vs corriente de armadura

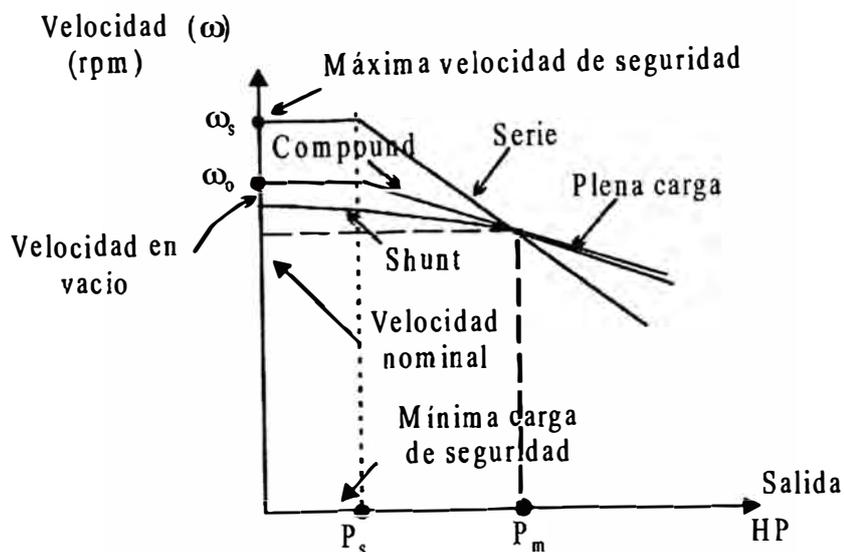
Existen dos curvas características muy importantes que dependen del tipo de motor:

- La curva del torque del motor en función de la corriente de armadura. Fig. 1.8
- La curva de la velocidad del motor en función de la potencia que entrega en el eje. Fig. 1.9

El motor serie es el que tiene el máximo torque en la región de sobrecarga.

$$T = KI^2a \quad (1.15)$$

$$I_a = I_e$$



**Fig. 1.9** Velocidad vs potencia de salida.

El motor de excitación compuesta, es el que tiene la velocidad más constante, mientras que el motor serie tiene en vacío una velocidad muy alta que debe limitarse manteniendo siempre una carga de seguridad en su eje.

Es importante tener presente que estas curvas permiten calcular la regulación de la velocidad:

$$\%R_{(VEL)} = \frac{(\omega_o - \omega_{pc})}{\omega_{pc}} 100 \quad (1.16)$$

$\omega_o$  : velocidad en vacío.

$\omega_{pc}$  : velocidad a plena carga.

## CAPÍTULO II

### GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA

#### 2.1 El generador de corriente continua en régimen estable

Físicamente muy parecido al motor de corriente continua, tiene acoplado a su eje una máquina prima que le da la energía cinética inicial.

Básicamente se presenta según la Fig. 2.1

$$E = V_t + R_a I_a \quad (2.1)$$

$$E = K \Phi_d \omega \quad (2.2)$$

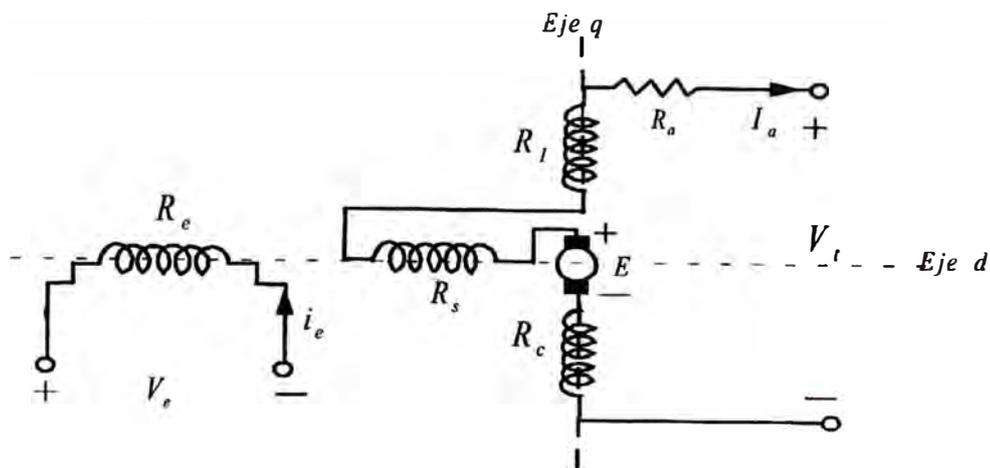
$$\Phi_d = \Phi_c + \Phi_s$$

$\Phi_d$  = Flujo producido por un polo

$\omega$  = Velocidad del rotor

$$T_{em} = K_a \Phi_d I_a \quad (2.3)$$

$$V_e = I_e R_e \quad (2.4)$$



**Fig. 2.1** Esquema de un generador de corriente continua.

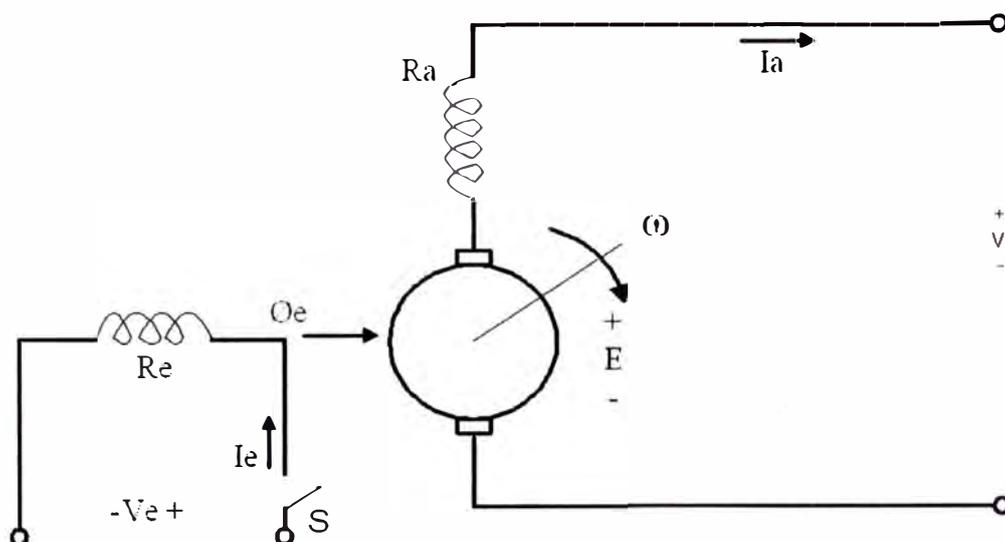
#### 2.2 Tipos de generadores

Al igual que los motores, la variación lo proporciona la forma de conexión del bobinado de excitación.

##### 2.2.1 Generador de excitación independiente

La excitatriz es alimentada de una fuente exterior, Fig. 2.2, en la cual para S abierta

solamente encontraríamos una pequeña tensión del orden de 2 a 3% de su tensión nominal, llamada **tensión remanente**.



**Fig. 2.2** Generador de corriente continua de excitación independiente

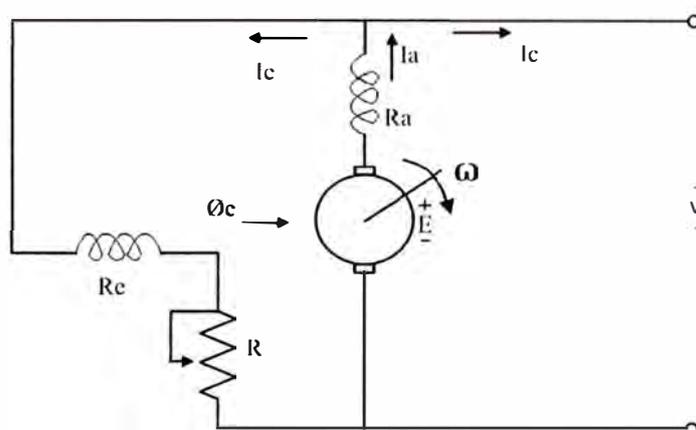
### 2.2.2 Generador de excitación paralelo o shunt

No necesita fuente externa para excitar su campo, solo necesita una pequeña tensión remanente, posteriormente se auto excita en forma de un lazo cerrado, accionado por la resistencia R de la Fig. 2.3

$$E = I_a R_a + V_t \quad (2.5)$$

$$I_a = I_c + I_e$$

$$E = K \Phi_e \omega \quad (2.6)$$



**Fig. 2.3** Generador de corriente continua, de excitación paralelo o shunt

### 2.2.3 Generador de excitación serie

La bobina de campo es conectada en serie con la armadura del generador, luego sus

corrientes son las mismas. Fig. 2.4

$$E = I_a (R_a + R_e) + V_t \quad (2.7)$$

$$E = K_s \Phi_c \omega \quad (2.8)$$

$$I_a = I_e = I_c$$

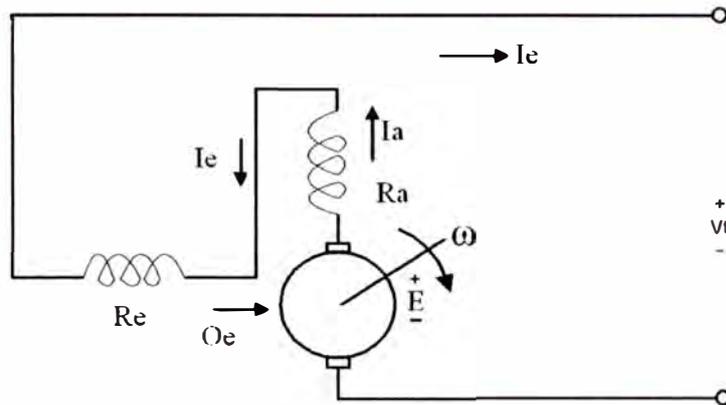


Fig. 2.4 Generador de corriente continua, de excitación serie

### 2.2.4 Generador de excitación compuesta

Aparece al incluir un devanado de campo, para compensar la caída de tensión al crecer la corriente de carga, haciendo los bornes de la carga mejor estabilizados. Fig. 2.5

$$E = I_a R_a + I_s R_s + V_t \quad (2.9)$$

$$E = K_a \Phi_t \omega \quad (2.10)$$

$$\Phi_t = \Phi_{sh} + \Phi_s$$

$$I_a = I_{sn} + I_s$$

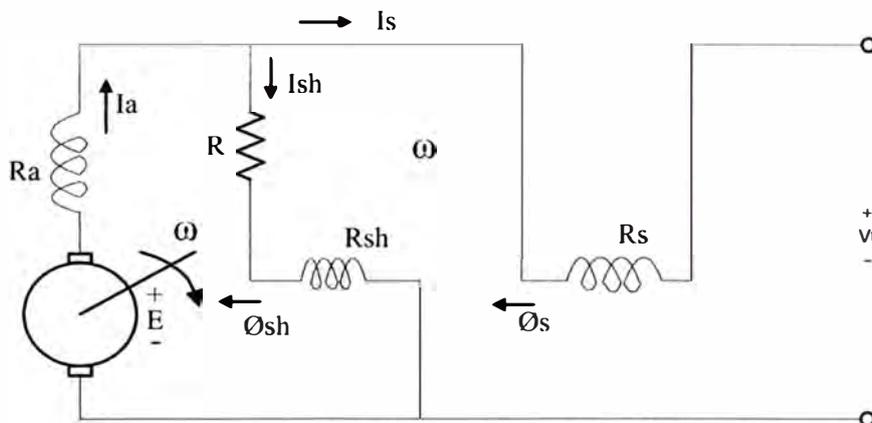


Fig. 2.5 Generador de corriente continua, de excitación compuesta

## 2.3 Curvas características de los generadores

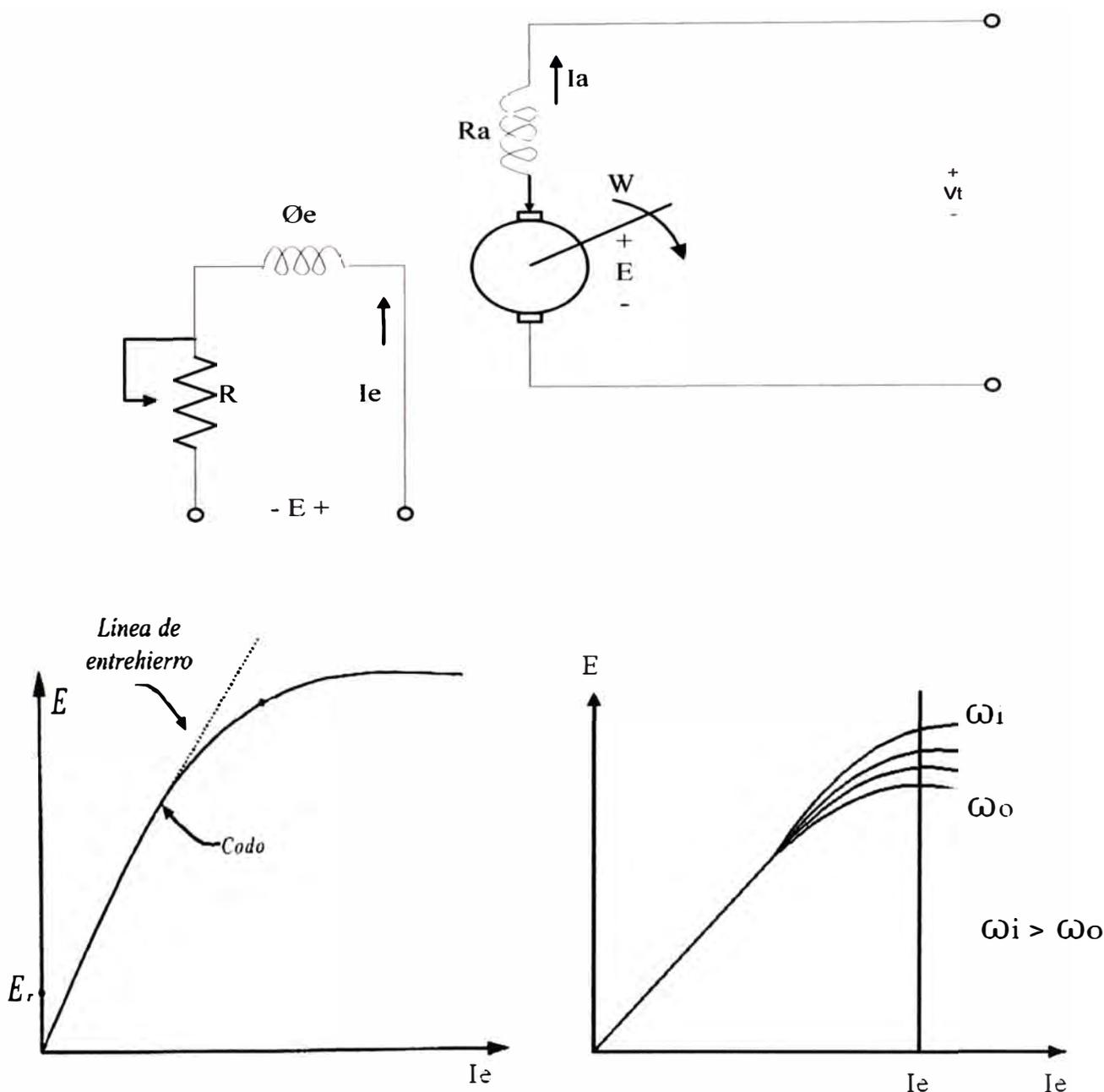
### 2.3.1 Curva de magnetización

Se consigue en máquinas de excitación independiente y con velocidad constante,

para otras velocidades, se hallan otras curvas similares, ver Fig 2.6.

$$E_i = E_o \left( \frac{\omega_i}{\omega_o} \right) \quad (2.11)$$

$$E = K_a \Phi_e \omega \quad (2.12)$$

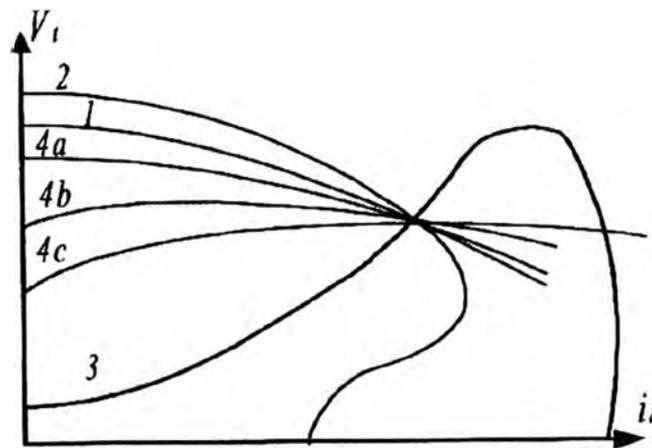


**Fig. 2.6** Curvas de magnetización en vacío

### 2.3.2 Curva bajo carga o exterior

Tiene presente el comportamiento de la tensión en bornes del generador  $V_t$  con la carga, normalmente disminuyendo, dependiendo del tipo de generador.

Se debe considerar además la caída interna por efecto de la reacción de armadura, en generadores no compensados. Fig. 2.7



**Fig. 2.7** Curva de tensión bajo carga

- 1) Generador excitación independiente
- 2) Generador de excitación paralelo o shunt
- 3) Generador de excitación serie
- 4) Generador de excitación compuesta

## 2.4 Equipos Ward Leonard

Grupo que consta de un generador de corriente continua, conectado permanentemente a un motor de corriente continua, con una máquina prima acoplada al generador, normalmente un motor AC trifásico. El equipo Ward Leonard tiene una versatilidad de velocidad muy segura y variable, se puede lograr de dos modos posibles:

### 2.4.1 Control de voltaje de armadura

En la Fig. 2.8 se puede lograr manteniendo  $I_{fm}$  constante, la corriente de campo del generador  $I_{fg}$  variable, produciendo una tensión en bornes  $V_t$  variable que al alimentar al motor se establece un amplio rango de velocidad, **el torque es mantenido constante**, ver Fig. 2.9

### 2.4.2 Control de corriente de campo del motor

Es utilizada para lograr un rango de velocidades por encima de la velocidad base. En este modo la tensión  $V_t$  permanece constante y la corriente de campo del motor  $I_{fm}$ , disminuye para lograr altas velocidades. La corriente de armadura se mantiene constante, por tal motivo se le llama de **potencia constante**. El torque disminuye en forma inversa a la velocidad.

Cabe mencionar que en la práctica, es bastante usado la forma de control de la velocidad en motores de Ward Leonard, en una forma combinada, de campo de excitación del generador y variando el campo de excitación del motor.

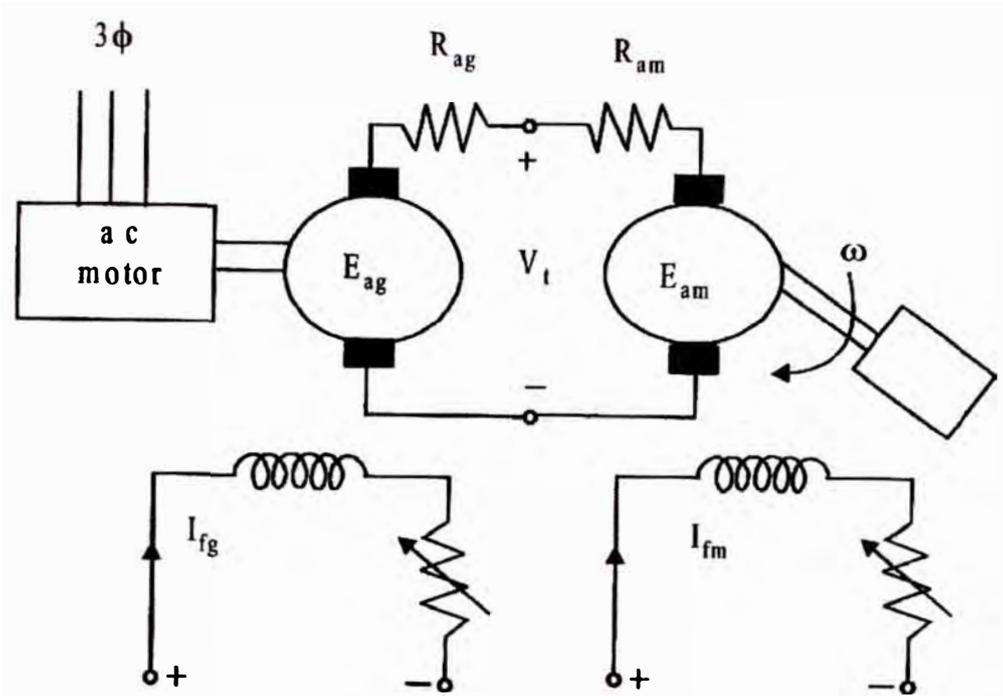


Fig. 2.8 Sistema Ward Leonard

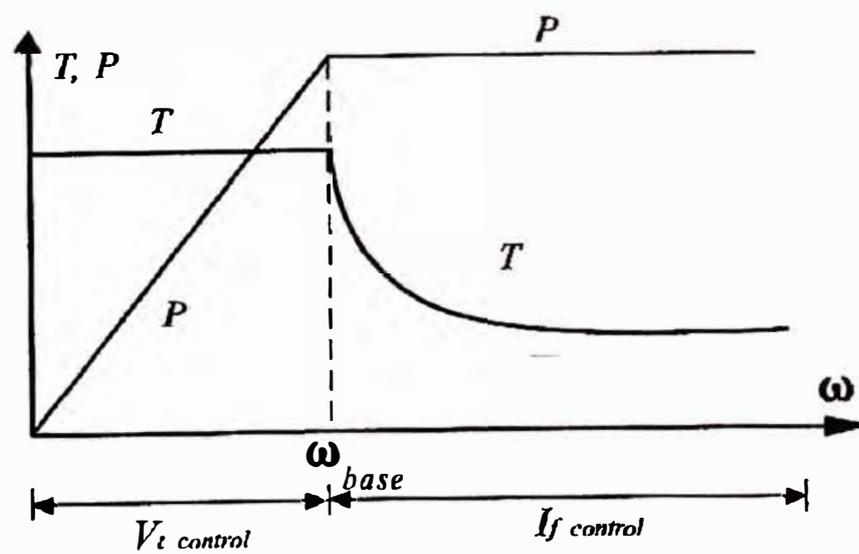


Fig. 2.9 Variación del torque y potencia vs. velocidad, en el grupo Ward Leonard

## CAPITULO III

### ESPECIFICACIONES OPERACIONALES DE LA GRÚA

#### 3.1 La grúa

La grúa es del tipo Ward Leonard, diseñada para ser usada en cubierta de barcos, opera como **gancho** subiendo, bajando; **cuchara** abriendo, cerrando. Este movimiento lo realiza con 2 tambores, de 2 cables cada tambor, de tal manera que en los extremos de los 4 cables se pueden conectar el accesorio cuchara o el gancho según la necesidad.

Los componentes principales de la estructura son la base o armazón, fijadas al barco, anillos de deslizamiento rotativo, acopladas por medio de engranajes (conectadas al interior de la caseta de mando), cuarto de operación, brazos o pluma, etc.

Cada acción es realizada por motores de gancho, cuchara, pluma y ronza. Todo el sistema es gobernado por grupos Ward Leonard, diseñado para un trabajo exigente a grandes esfuerzos, eficiente y seguro.

El rango de trabajo de los limitadores: gancho muy arriba o muy abajo, cuchara no cierra bien o demasiado cerrado, ronzo dentro de zona peligrosa, son regulados por medio de micro interruptores de fácil acceso ,para una operación segura en el trabajo de la grúa como gancho o cuchara.[5]

El accesorio respectivo de **gancho** consta de un armazón, con roldanas interiores, que permiten un fácil deslizamiento de 2 cables por cada una de las roldanas, en la parte central inferior se instala el gancho, con una chumacera que permite el giro de 360°, con mínimas fricciones, debido a su entorno lubricado con grasa. El peso de éste accesorio es de aproximadamente 1.5 t.

El accesorio de **cuchara**, consta de una bolsa de metal en forma de boca o cuchara, que por medio de un bloque de anillos surcados por donde se deslizan 2 cables centrales del tambor del motor de la cuchara, que al subir o bajar ocasionan que la boca o cuchara cierre o abra respectivamente, en éste accesorio los otros 2 cables exteriores van fijos a la cuchara, para poder subirlo o bajarlo, sus extremos vienen del tambor del motor del gancho, el peso de este accesorio es de 10 t.

En la parte central de la cuchara se encuentra el rodete deslizante que permite abrir o cerrar este mecanismo de una manera sencilla y segura.



**Fig. 3.1** Distribución de tambores de adujamiento de pluma, cuchara y gancho, de arriba hacia abajo respectivamente,

### 3.1.1 Fijación de la grúa al barco

La grúa presenta una sólida base fijada a la estructura del barco. En la parte superior se localiza el cuarto de mando, el cual puede **girar** en forma ilimitada, esto lo logra a través de un sistema de engranajes acoplada el eje del motor de **ronza**, el acople del lado del motor van lubricados en aceite. A ambos lados del cuarto de control, se apoyan por chumacera dos brazos sólidos, llamado **pluma** que se unen en el otro extremo, en éste lado se fijan los cables correspondientes al motor de la pluma, que permite subirlo o bajarlo.

La energía eléctrica de la grúa es alimentada por los generadores del barco, a través de unos anillos rozantes, adheridos a carbones de alta dureza y gran conductibilidad, aislados convenientemente y con resistencia de calefacción, se tiene acceso a éste por el centro de la estructura.

Para llegar al cuarto de mando, se encuentran escaleras del tipo **escala de gato**, de forma vertical y protegidos en todo su entorno.



**Fig. 3.2** Grúa en condiciones críticas de temperatura ambiente – San Petesburgo (Rusia)

En la parte exterior de la sala de mando se localizan los tambores adujadores de los cables de pluma, cuchara y gancho, adyacentes a sus motores respectivos y acoplados por un sistema de engranajes lubricados en aceite. En el cuarto de mando se localizan los reguladores de posición, acoplados al eje de los motores por cadenas y aros de corrección, para poder ajustar los limitadores de manera fácil y segura, así como sincronizar el trabajo de los motores de gancho y cuchara para trabajo en la posición de cuchara.

Cuando la grúa no está en la posición de trabajo, los brazos de la pluma, se apoyan en postes preparados para recibir a los accesorios del gancho, y se fijan con cadenas para evitar el penduleo, ocasionado por el movimiento del barco.

### **3.1.2 Características técnicas**

**Modelo** BMW-252 (Tipo semi-cerrado)

#### **Sistema cuchara**

2 cables para tambor gancho

2 cables para tambor cuchara

2 tambores con 2 cables por tambor, con motores de igual capacidad.

**Clasificación** AWWF

### Capacidad de carga

En gancho 23.5 t

En cuchara 25 t (incluido las 10 t de peso del accesorio cuchara, en los cuales se conectan dos cables exteriores de gancho, y dos cables interiores de la cuchara).

**Tabla N° 3.1 Máquinas rotativas de la grúa**

Uso	Cant	Tipo/Modelo	Datos Eléctricos	Freno	Cale	Movimiento
Motor DC para gancho y cuchara	2	GNB225L36F	100 kW 320V 350A 60% Td . Clase F	DEO-57BS DEA-40E 32	215 W	Arriba/abajo Abre/cierra
Motor para ronza	1	MVSCQ2-G 9189FLB1	40kW 400V 117A 2500 rpm 25%ED. Clase F Excit. indep.	DEA-40E 40	107 W	Derecha/ izquierda
Motor para pluma	1	MVSCQ1-G 9189FLB1	40 kW 400V 117A 2500 rpm 25%ED .Clase F Excitac. indep.	-	107 W	Arriba/abajo
Motor inducción c/maq. Prima	2	MG-VSQ-46	125kW, 440V 225A 4P, 60 hz Clase F	-	45W	
Generador DC para gancho y cuchara	2	250S36F	112kW 320V 350A, 1800 rpm 60% ED Clase F Excitac. indep.	-	215 W	
Generador DC para ronza y pluma	2	GVSGQ2-6 9209F	47kW 400V 118A 1800 rpm 25% ED Clase F. Excitac. indep.	-	83W	
Ventilador	2	SEF-33107	2.2kW 440V 60 hz 2polos. Clase F			

#### Velocidad en modo gancho

A full carga

A media carga

Sin carga

#### Subiendo

35 m/min

52.5 m/min

70 m/min

#### Bajando

52.5 m/min

52.5 m/min.

70 m/min

### **Velocidad en modo cuchara**

Cerrando	52.5-35m/min, en 12.5 s
Abriendo	52.5 m/min, en 10.5 s
Velocidad de la pluma	incremento de 5m/min - 22m/min, en 48 s
Velocidad de ronza	promedio de 0.7 rpm.
Radio de trabajo	pluma variable, min: 5 m, max: 22 m
Distancia cable de gancho	35 m a nivel de cubierta, y 5 m de radio
Alimentación eléctrica	440 V, 60 hz, 3 fases.

### **3.1.3. Particularidades de los motores eléctricos**

La Tabla 3.1 presenta la relación de los generadores y motores que forman parte del sistema Ward Leonard.

### **3.1.4 Designaciones particulares**

La determinación de la capacidad de trabajo nominal los motores eléctricos, sean de gancho, cuchara, pluma y ronza son para trabajo en condiciones de diseño, de cada parámetro eléctrico, incluyendo valores máximos de torque.

En la parte estructural, todos los elementos que forman parte de la presente grúa, son sometidos inicial y permanentemente a inspecciones de la Sociedad Clasificadora Japonesa.

Los factores de seguridad de cada parte de la grúa, así como sus respectivos cables son mencionados posteriormente.

### **3.1.5. Materiales particulares**

Los materiales usados son de excelente calidad, conforme las especificaciones de la constructora TSUJI INDUSTRIES CO. LTD.

Estructura:

Cuarto de operaciones	SS41 acero inoxidable
Pluma	SS41 acero inoxidable
Caja de engranajes	SS41, FC25, FCD45
Tambor	SS41
Acoples	S35C
Piñones	S45C, SCM 440
Anillos rozantes	S45C
Roldanas	SC46, SM50, SS41, FCD45
Rodamientos	bola, rodillo esférico

Engranajes de ronza      rodamientos de bola SUJ 2, en parte interior y exterior, con sistema de lubricación a presión.

### **3.2. Estructura de componentes**

#### **3.2.1 Soporte principal**

La estructura de la grúa está soldada en acero inoxidable en bloques continuos, los engranajes de la ronza se apoyan en su parte inferior, por un dispositivo que engrana con el acople del motor, ubicadas en la parte media del cuarto de máquinas, debajo del cuarto de tableros de mando eléctricos. Los tambores adujadores de cables de gancho, cuchara y pluma son montadas en la parte posterior, a la altura de sus respectivos motores eléctricos, independientes unos de otros. Las cajas de engranajes están en el exterior; el cuarto de motores está permanentemente ventilado con motores de inducción trifásicos, el flujo de aire se filtra antes de llegar al compartimento de motores, los de mayor potencia, como los motores de gancho y cuchara, tienen ductos de ventilación en los cuales se localizan ventiladores, para evacuar las altas temperaturas.

#### **3.2.2 Sala de mando.**

Está localizado en la parte frontal de la estructura giratoria, diseñado para una fácil operación y la mejor maniobra, tiene una ventana que se abre hacia afuera en la parte frontal y dos laterales, el cuarto de mando presenta ventilador y resistencia de calefacción para comodidad del operador, al lado derecho se encuentra el tablero eléctrico que prende o apaga la grúa, acompañado de una señalización de alarmas visuales y acústicas, una puerta lo separa de los tableros eléctricos, todos estos con aislamientos anti agua.

El operador dispone de dos mandos, ambos con margen de uso de 360°, el del lado izquierdo controla la pluma y ronza; el del lado derecho controla los motores de gancho y cuchara.

#### **3.2.3 Brazo de accionamiento o pluma.**

El manejo de ésta acción es por el grupo Ward Leonard, con 3 rangos de velocidad, 3 puntos de mando. La 3ra. velocidad se utiliza en zonas donde el margen de seguridad lo permite, la 2da velocidad en zonas cercanas a la crítica, la 1ra velocidad, la más lenta se usa en zonas críticas. Todos los cambios de velocidad se gobiernan manualmente o pueden entrar automáticamente. El cable de un lado se fija al tambor, y del otro lado a la parte fija de la pluma, en toda la extensión del cable se ubican roldanas y guidores.

#### **3.2.4. Giro o ronza**

El ronzado es realizado por un piñón, ubicado en la parte final del motor de corriente continua luego de un reductor, y acoplado a través de engranajes a la corona de la

estructura la cual le permite girar, el acople se encuentra en el piso del cuarto de motores, el manejo es por el equipo Ward Leonard, realizando movimientos a velocidad de 0.7 rpm. En el diseño de manejo, se considera zonas peligrosas, al espacio en el cual el brazo o pluma no puede trabajar a un ángulo determinado por peligro de colisión con alguna parte de la estructura del barco, en algunas zonas sólo reduce velocidad.

### **3.3. Modos de operación**

#### **3.3.1. Modo de cuchara.**

Para el trabajo en ésta condición, se coloca el interruptor en el modo de cuchara y ambos motores, de cuchara y gancho trabajan en forma independiente, las pequeñas variaciones de velocidad son informadas al motor de menor velocidad y se incrementa el flujo de excitación al generador respectivo, provocando que aumente de velocidad, y así sucesivamente ocurre cuando éste último motor incrementa su velocidad, de ésta manera los motores trabajan sincronizados. Los 4 cables van conectados a la cuchara, 2 en la parte central correspondiente al motor de la cuchara, y los otros 2 se fijan en la cuchara por los lados exteriores, son los cables del motor del gancho.

Los cables centrales permiten abrir y cerrar la cuchara, los cables laterales son los que cargan el peso cuando está en el estado de abrir o cerrar. Ya luego los 4 cables intervienen en subir o bajar la carga, el mando ordena por igual a los dos motores, con un solo movimiento. Lo verticales controlan al motor de gancho, y los horizontales controlan a la cuchara, abriéndolo o cerrándolo.

#### **3.3.2. Modo de gancho**

Para ésta condición el interruptor eléctrico se coloca en el modo de gancho, de ésta forma los motores se sincronizan y son controlados con el manubrio, los movimientos verticales controlan a los motores de gancho y cuchara, los movimientos horizontales no tienen efecto.

Los movimientos son controlados por el manubrio derecho, accionando ambos motores, sincronizados en todas las posiciones de tal manera que la carga se reparte en forma igual en los dos motores, tiene 5 puntos de velocidad tanto en subir como en bajar la carga, controlados por los tacos generadores acoplados a los ejes de los respectivos motores. Las velocidades son reducidas por planetarios tipos helicoidales dentro de cajas bañadas en aceite lubricante. Los tambores de los motores presentan guidores y resortes que mantienen tensos los cables a adujar, dos cables se orientan en cada tambor.

### **3.4. Micro interruptores limitadores de posición.**

Hay controladores de posición de cada accionamiento:

### **Subiendo o bajando Carga**

- Limitador gancho muy arriba (tiene by pass) Limitador pluma muy arriba (tiene by pass)
- Limitador gancho muy abajo.
- Limitador pluma muy abajo (by pass)
- Cable suelto (by pass).

### **Para modo cuchara**

- Cuchara muy abierta.
- Cuchara demasiada cerrada.

### **Para la ronza**

- Zona peligrosa por el lado derecho.
- Zona peligrosa por el lado izquierdo

### **Parada de emergencia**

- Parada para todos los movimientos.

### **Además**

- Sobrecarga del motor gancho y cuchara

### **Motores**

- Sobrecalentamiento motor gancho y cuchara
- Sobrecarga del ventilador del cuarto de motores
- Final de cable de pluma.
- Sobrecalentamiento del motor de pluma y ronza
- Cable suelto del motor de gancho.
- Cable suelto del motor de cuchara

### **Ventilador de motores y generadores**

- Sobrecalentamiento del motor del ventilador

## **3.5 Iluminación**

Los siguientes son los tipos de alumbrado en la grúa:

Cuarto de operación

- 01 Fluorescente de 20 watts en el cuarto de mando
- 02 Fluorescente de 20 watts en parte alta de tableros eléctricos
- 01 Fluorescente de 20 watts en parte baja, cuarto de motores eléctricos

Estructura

- 03 Lámpara de vapor de mercurio de 400 watts

Pasadizo interior

02 Lámpara incandescente de 60 W

Exteriores

02 Fluorescente de 40 W

### 3.6 Lubricación

Todo sistema con movimiento tiene lubricación, los tambores de cada motor están engrasadas, los cables, roldanas, chumaceras de apoyo del brazo de la pluma, engranajes de la ronza, reductor del motor de ronza, los cardanes de accionamiento y los limitadores, además todos los motores y generadores tienen rodamientos con puntos de engrase, las cajas de los planetarios helicoidales de los motores de pluma, cuchara y gancho están lubricados con aceite ,cambiándose este cada 6 meses.

### 3.7 Calefacción

Todos los motores y generadores tienen calefacción:

Generador cuchara	215 W
Motor cuchara	215 W
Generador gancho	215 W
Motor gancho	215 W
Panel de control No. 1	200 W
Generador ronza	83 W
Motor ronza	107 W
Generador pluma	83 W
Motor pluma	107 W
Motor de inducción No. 1	45 W
Motor de inducción No. 2	45 W
Panel de control N° 2	200 W
Tablero control gancho/cuchara	24 W
Tablero de control pluma/ronza	24 W

### 3.8. Accesorios

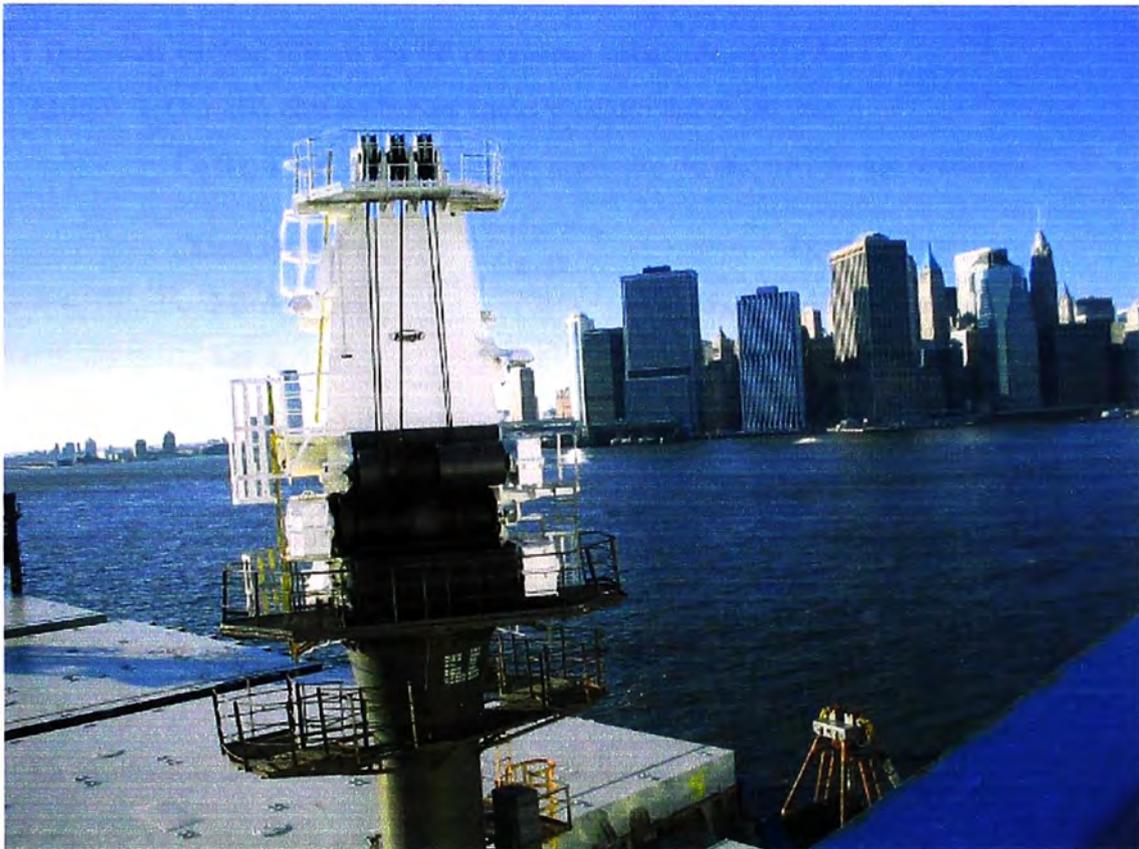
- Relé de sobrecarga, a base de una bobina toroidal con contactos sumergidos en aceite, conectados en la línea de fuerza de los motores gancho y cuchara, regulados a 125 % de corriente nominal.
- Manubrio de mando, utilizado para el control pluma/ronza y gancho/cuchara, del tipo Universal con resorte de retorno a cero. Interconexión de cuchara abierta/cerrada.
- Sincronizador tipo llave, que receptiona las variaciones relativas de velocidades entre los motores de gancho y cuchara.
- Parabrisas limpiador de lunas de caseta de control.

- Calefacción en el cuarto de operaciones, de 1000 watts de potencia.
- Juego de contactos circulares, limitadores de posiciones del gancho.
- Juego de contactos limitadores de la cuchara y de la pluma.
- Interruptores limitadores de la ronza.
- Interruptor de cable suelto de los motores de gancho.

La caseta de maquinarias consta de 2 bloques de generación:

Bloque I: motor de inducción + generador gancho + generador ronza.

Bloque II: motor de inducción + generador cuchara + generador pluma.



**Fig. 3.3** Tambores de adujamiento, con dos cables por cada tambor de gancho y cuchara y un cable para el tambor de la pluma.

En el sistema Ward Leonard, cumple una función muy importante mantener el **freno eléctrico** en buen estado, es del tipo DEO-57BS-DEA-40E32, consta de una bobina toroidal con la suficiente fuerza para vencer la acción de 8 resortes de alta dureza, liberando el freno tipo zapata o ferodo y permitiendo el movimiento del motor. La distancia de liberación del freno es de aproximadamente 1.8 mm., el uso frecuente desgasta los ferodos por lo que la regulación de la distancia deberá realizarse. El bobinado del freno tiene protección contra agua e interiormente posee canales de refrigeración por aire forzado, cuando el desgaste de los ferodos representa 30% o más, se deberá cambiar.

## CAPITULO IV OPERACIÓN DE LA GRÚA

### 4.1. Datos de prueba de motores de gancho y cuchara

#### 4.1.1 Datos de excitación en los 04 reactores saturados (MFA)

Modo: Gancho con motor en vacío y velocidad constante

**TABLA No. 4.1.-** Datos de corriente de disparo de los tiristores

Tipo de MFA	Excitación (mA)	Terminales
MFA – HH	7.6	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> / G <sub>12</sub> -K <sub>12</sub> , SCRM
MFA – HL	7.6	G <sub>21</sub> -K <sub>21</sub> / G <sub>22</sub> -K <sub>22</sub> , SCRM
MFA – GC	7.4	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> / G <sub>12</sub> -K <sub>12</sub> , SCRG
MFA - GO	7.4	G <sub>21</sub> -K <sub>21</sub> / G <sub>22</sub> -K <sub>22</sub> , SCRG

- Datos tomados en entrada o puerta de tiristores del devanado de excitación de los generadores, plano No. 32 anexo A.
- Se observa, pequeña variación en la excitación del generador del motor rebobinado (7.6mA).
- La excitación del motor es constante, con fuente de 24 V, de corriente continua.

#### 4.1.2 Datos de excitación para diferentes movimientos y velocidades.

Modo: motores en cuchara y en vacío.

**TABLA No. 4.2.-** Disparo de tiristores al excitador del generador gancho, subiendo

Modo de Operación	Excitación (mA)	Terminales
Subiendo 5to. pto. sobre excitado	12.9	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH
Subiendo 5to. pto.	9.1	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH
Subiendo 5to. pto. libre	8.2	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH
Subiendo 4to. pto.	7.8	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH
Subiendo 3er. pto.	6.3	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH
Subiendo 2do. pto.	4.8	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH
Subiendo 1er. pto.	2.9	G <sub>11</sub> -K <sub>11</sub> , MFA-HH

- Valores similares se obtuvieron al tomar medidas a terminales o de puerta  $G_{12}-K_{12}$  del reactor saturado MFA-HH en cada punto.

**TABLA No. 4.3.-** Datos de disparo al excitador del generador gancho, bajando

<b>Modo de Operación</b>	<b>Excitación (mA)</b>	<b>Terminales</b>
Bajando 1er. pto.	3.8	$G_{21}-K_{21}$ , MFA-HL
Bajando 2do. pto.	6.1	$G_{21}-K_{21}$ , MFA-HL
Bajando 3ro. pto.	8.3	$G_{21}-K_{21}$ , MFA-HL
Bajando 4to. pto.	10.2	$G_{21}-K_{21}$ , MFA-HL
Bajando 5to. pto (excit. motor full)	12.9	$G_{21}-K_{21}$ , MFA-HL
Bajando 5to. pto.	9.0	$G_{21}-K_{21}$ , MFA-HL

- Valores similares se registraron al tomar medidas a terminales de puerta  $G_{22}-K_{22}$  del MFA-HL, en cada punto.

**TABLA No. 4.4.-** Disparo al excitador del generador cuchara, en modo cuchara

<b>Modo de Operación</b>	<b>Excitación (mA)</b>	<b>Terminales</b>
Cuchara cerrando sobre-excitado	12.9	$G_{11}-K_{11}$ del MFA-GC
Cuchara cerrando despacio	[2.8 , 8.8]	$G_{11}-K_{11}$ del MFA-GC
Cuchara abriendo despacio	[3.9 , 12.9]	$G_{21}-K_{21}$ del MFA-GO

- Los valores en corchetes es debido a valores de velocidad que varían al estar la cuchara, en posición: 70% cerrado, cerrado y totalmente cerrado. Así como los movimientos al estar abriendo la cuchara en sus posiciones: abiertos, terminado de abrir y sobre abierto, posiciones que se aprecian en el plano 21, ubicado en el anexo A.
- Los valores en la puerta del tiristor  $G_{11} - K_{11}$  es similar al  $G_{12}-K_{12}$  del reactor saturable MFA-GC así como  $G_{21}-K_{21}$  y el  $G_{22}-K_{22}$  del MFA-GO.

Estos datos nos informan del nuevo estado de sus parámetros eléctricos y comprobar, que en grupos Ward Leonard, a mayor corriente de puerta, mayor corriente por el devanado de excitación, provocando mayor flujo magnético por el entrehierro de generador y correspondiente mayor tensión en bornes de la armadura, ocasionando incremento de velocidades en el eje del motor, que tiene un flujo en el entrehierro constante. Para cambiar el sentido de rotación al eje del motor, la corriente de excitación se aplica al otro devanado en el circuito de excitación del generador.

#### 4.1.3 Datos del bobinado de excitación del motor de gancho plano No 28 anexo A.

Luego del rebobinado, la bobina J K, de excitación del motor a temperatura ambiente de 25°C, con instrumento fluke indicaba 16.3 Ω, a 115°C teóricamente debería marcar, según fórmula siguiente:

$$R_{o_t} = R_i (1 + \alpha \Delta t) \quad [6] \quad (4.1)$$

$R_{o_t}$  = Resistencia a t. (Ohmios)

$R_i$  = Resistencia a i temperatura (Ohmios)

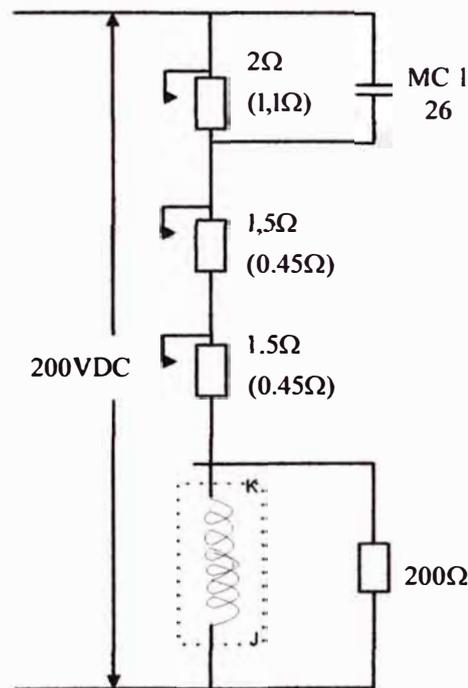
$\alpha$  = Coeficiente de temperatura, 1/°C.

Para el cobre,  $\alpha = 0.00425$  1/°C.

$\Delta t$  = Variación de temperatura, °C

$$\therefore R_{115^\circ\text{C}} = 16.3 [1 + 0.00425 (115 - 25)]$$

$$R_{115^\circ\text{C}} = 22.5 \Omega \quad \text{según fórmula (4.1)}$$



**Fig. 4.1** Datos de resistencias reguladas

Para el cálculo teórico de las corrientes para 02 posiciones de trabajo, según plano No 28 anexo A, (las regulaciones de las resistencias se ven en el esquema de la figura N° 4.1)

$$R_{EQ1} = 1.1 + 0.45 + 0.45 + \frac{22.5(200)}{222.5} = 22.22 \rightarrow I_1 = \frac{200}{22.22} = 9\text{A}$$

$$R_{EQ2} = 0.45 + 0.45 + \frac{22.5(200)}{222.5} = 21.12 \rightarrow I_2 = \frac{200}{21.12} = 9.47\text{A}$$

**TABLA No. 4.5.-** Datos de corriente en el bobinado de excitación del motor gancho

<b>Modo de Operación</b>	<b>Int. de cte (A)</b>	<b>Observación</b>
Gancho trabajando	9.2	bob. excitac. de motor rebobinado
Gancho mínimo	6.1	bob. excitac. de motor rebobinado
Cuchara sobre/excitado	8.7	bobinado de motor original
Cuchara mínimo	5.7	bobinado de motor original

- En condiciones normales de trabajo a temperatura estabilizadas, el instrumento de medición marcó 9.2 A, teóricamente 9.47 A y en el bobinado original a 115°C 8.3 A, datos que servirán para regular sensor FRI 28, caída de tensión en la resistencia R2 de  $1.5\Omega$  plano No 28.

#### 4.1.4 Datos medidos en el bobinado del freno del motor, según plano No 28 anexo A.

**TABLA No. 4.6.-** Corriente del bobinado de freno, del motor gancho.

<b>Modo de Operación</b>	<b>Int. de cte (A)</b>	<b>Observación</b>
Gancho sobre/excitado	15.8	datos tomados en trabajo continuo
Gancho lento	3.2	datos tomados en trabajo continuo
Cuchara sobre/excitada	16.0	datos tomados en trabajo continuo
Cuchara lenta	3.2	datos tomados en trabajo continuo

Teóricamente al tomar lectura a temperatura ambiente de 25°C, el bobinado del freno indicó  $9.4\Omega$ , a temperatura trabajo 80°C sería:  $11.59\Omega$ , según fórmula 4.1, lo cual nos daría una resistencia equivalente a:

$$0.8 + \frac{11.59(100)}{111.59} = 11.18\Omega$$

En condición de vencer la tensión del resorte de las zapatas del freno y de:

$$0.8 + 5.07 + \frac{11.59(100)}{111.59} = 16.25\Omega, \text{ en régimen de trabajo continuo, las intensidades}$$

de corriente que se consumen en estos dos estados son:

$$I_1 = \frac{200}{11.18} = 17.88A \quad I_2 = \frac{200}{16.25} = 12.30A$$

#### 4.2. Cálculo de parámetros eléctricos de protección y regulación de sensores para la operación eficiente y segura de la grúa.

CASO: El motor eléctrico de **gancho**, dejó de funcionar en el proceso de descargar productos en Puerto Colón – Panamá. Luego de pruebas preliminares de meghado de todas sus bobinas, tanto del motor como del generador respectivo, se concluyó que el

motor presentaba quemadura o corto circuito en espiras de bobinado de armadura, posteriormente al desarmarlo se confirmó la avería, y además el recalentamiento del bobinado de excitación.

El motor fue rebobinado tanto en el devanado de excitación, interpolo y la armadura, en EE.UU, sometidos el grupo Ward Leonard a diferentes pruebas, velocidades, estados de carga. Debido al recalentamiento sufrido, se decidió rebobinar también el motor primo de inducción, así como el taco generador acoplado al eje del motor.

El proceso de toma de datos en pruebas realizadas, datos teóricos tomados, cálculos previos para la regulación de sensores para estos nuevos parámetros eléctricos, que permitieron hacer trabajar al grupo Ward Leonard a diferentes velocidades y estados de carga, tanto en las pruebas como luego en su condición nominal de trabajo.

Posteriormente se calculó los parámetros de protección eléctrica, para sus nuevas condiciones de trabajo, diferentes a sus valores originales.

A continuación se detallan toma de datos, circuito aproximado equivalente y regulaciones efectuados a sensores, comparándose los datos obtenidos con los originales de otra grúa. Se debe hacer notar que las grúas, por la antigüedad del barco (1980) no tenían ningún tipo de información técnica, sino únicamente los sensores con los puntos regulados para el bobinado original.

#### **Datos históricos:**

- Motor de gancho con bobinado de excitación, interpolo y armadura rebobinadas
- Motor de inducción primo con bobinado rebobinado
- Taco generador acoplado al motor de gancho, rebobinado.

#### **Motor:**

De 100 kW, 350 A, 1000 rpm

Resistencia shunt: 600 A/100mV

Para 25 t  $\approx$  potencia de 84 kW (dato experimental).

Siendo:

Ripg, Ripm, resistencias interpolo generador y motor del gancho respectivamente

Rag, Ram resistencias de armadura del generador y motor respectivamente.

Datos tomados por el rebobinador con puente Wheastone:

Ripm = 0.025  $\Omega$

Ripg = 0.0140  $\Omega$

Se ha considerado: Ram  $\approx$  Rag  $\approx$  0  $\Omega$

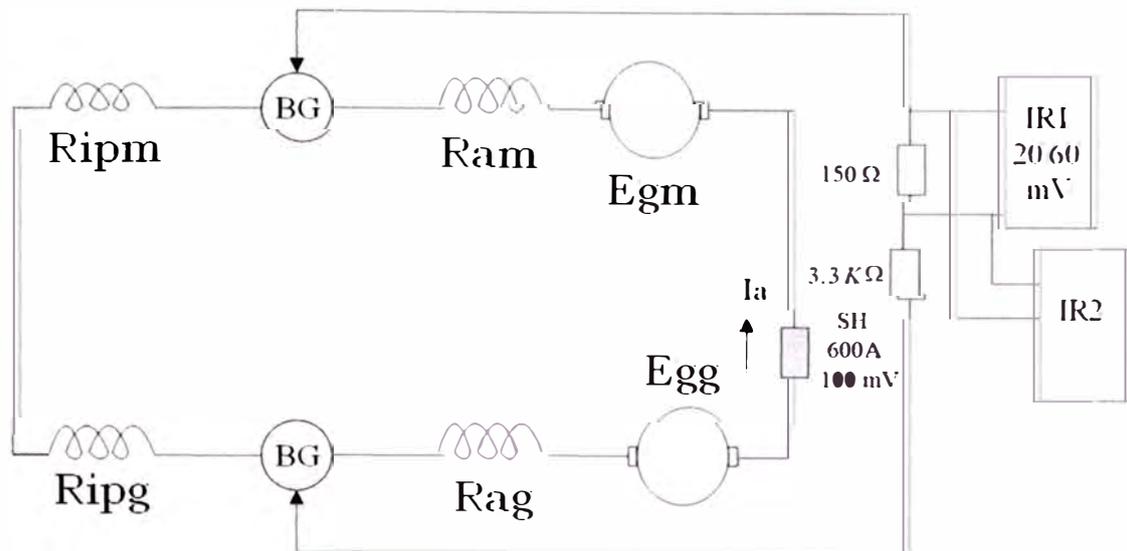


Fig. N° 4.2 Esquema del grupo Ward Leonard, gancho.

#### 4.2.1 Regulación del sensor de 10% de carga

Sensor colocado entre los puntos BG del motor/generador, plano No 34 anexo A

$$\Delta V = 0.1 (350) (0.025 + 0.0140) = 1,365 \text{ V}$$

Luego IR1 34 e IR234, según Fig. 4.2, por división de tensión:

$$\Delta V = 1.365 \frac{150}{(150 + 3,300)} = 59.34 \text{ mV}$$

∴ IR1 34 e IR234 se regulan a  $2.96 \times 20 \text{ mV}$  y un error admisible de 5%

#### 4.2.2 Regulación del sensor de 85% de carga

Calculado con datos del plano No 33 anexo A, sensor IR1 33 e IR 333 colocado en las resistencias shunt de los motores de grupos Ward Leonard de cuchara y gancho, para un 85% de su carga total (25 t)

$$\Delta V = 0.85 \frac{84 \text{ kW}}{100 \text{ kW}} 350 \text{ A} \frac{100 \text{ mV}}{600 \text{ A}} = 41.65 \text{ mV}$$

∴ IR1 33 y IR333 se regulan a  $2.1 \times 20 \text{ mV}$  y 5% de error.

#### 4.2.3 Regulación del sensor de 110% de carga

$$110\% \text{ carga} = 1.1 (84 \text{ kW}) = 92.4 \text{ kW}$$

La intensidad de corriente consumida, será:

$$I = 350 \text{ A} \frac{92.4 \text{ kW}}{100 \text{ kW}} = 323.4 \text{ A}$$

Luego, la caída de tensión en la resistencia shunt, será:

$$\Delta V = 323.4 \text{ A} \frac{100 \text{ mV}}{600 \text{ A}} = 53.9 \text{ mV}$$

∴ El sensor IE233 del plano No 33, será regulado en  $2.7 \times 20 \text{ mV}$  y 5% de error.

#### 4.2.4 Regulación del Sensor de 15% de velocidad nominal

Tensión de generación del taco generador acoplado al motor de gancho y cuchara: 2,000 rpm/70V. En el Plano No 33, el motor del grupo Ward Leonard, tiene a velocidad nominal de 1,000 rpm, 320 V, luego:  $15\% \times 320 \text{ V} = 48 \text{ V}$

Luego los sensores VR133 y VR233 de los motores de cuchara y gancho sensará:

$$48 \frac{1}{(1+2)} = 16 \text{ V}, \text{ ver plano No 33.}$$

Entonces se regularán a  $1.6 \times 10 \text{ V}$  con error de 5%.

#### 4.2.5 Regulación del sensor de sobre velocidad 240% de la velocidad nominal

En el plano No 31 anexo A, a velocidad nominal del motor de gancho o cuchara, de 1,000 rpm, corresponde al taco generador acoplado a sus ejes:

$$1,000 \text{ rpm} \frac{70 \text{ V}}{2,000 \text{ rpm}} = 35 \text{ V}$$

Para una sobre/velocidad de 240%, los sensores VR131 y VR231 sensarán, en la resistencia en paralelo a la armadura del taco generador.

$$\Delta V = (2.4)(35) \left[ \frac{470}{(3,000 + 470)} \right] = 11.37 \text{ V}$$

Luego dichos sensores se regularán a  $1.14 \times 10 \text{ V}$  con error del 5%

#### 4.2.6 Regulación del sensor de estado, de bobinado de excitación de motores de gancho y cuchara.

##### a) Sensor FR128 motor de gancho.

Según plano No 28 - anexo A, en condiciones de trabajo continuo, el contactor MCI-26 está actuado, el sensor FR128 sensará:

$$\Delta V = 200 \left[ \frac{0.45}{0.45 + 0.45 + \frac{22.5(200)}{222.5}} \right] = 4.26 \text{ V}$$

Luego, el sensor FR128 se reguló a  $2.13 \times 2 \text{ V}$ ., con error del 5%

##### b) Sensor FR228 motor cuchara

En las mismas condiciones de trabajo y según plano No 28 anexo A, se sensará:

$$\Delta V = 200 \left[ \frac{0.45}{0.45 + 0.45 + \frac{20.5(200)}{220.5}} \right] = 4.65 \text{ V}$$

Luego el sensor FR228 se reguló a  $2.31 \times 2 \text{ V}$  con error del 5%.

#### 4.2.7 Regulación del sensor de corriente de armadura por sobrecarga

La bobina tipo solenoide, de accionamiento por sobrecarga, OL1, en condiciones de trabajo continuo el motor de gancho desarrolla su potencia nominal, provocando un incremento moderado de la temperatura del bobinado rebobinado, este percance obligó a cambiar el ventilador de aire forzado hacia los bobinados del motor, por otro de mayor caudal. La regulación del relé solenoide de sobrecarga, se hizo sobre la base de su corriente nominal, con 25% de sobrecarga.

$$I(\text{OLI}) = 1.25(350) = 435\text{A}$$

#### 4.2.8 Regulación de protector térmico de motor trifásico de inducción , primo

**TABLA No. 4.7.-**Intensidad de corrientes del motor trifásico de inducción, primo

Modo de operación	Amperios
Gancho 100% carga, girando y levantando carga	240, 240, 240
Cuchara 100% carga, girando y levantando carga	215, 215, 215

Luego, el protector térmico TH1, se reguló a:

$$I_{(\text{TH})} = 240 \frac{I_s}{I_p} = 240 \frac{5\text{A}}{400\text{A}} = 3\text{ A}$$

$I_s/I_p$ : Relación del transformador de corriente

A escala de 0 a 3 A, % regulación = 100%

- Se recuerda que este motor fue rebobinado, habiéndose incrementado ligeramente el amperaje para 100% de su carga, habiendo sido originalmente regulado para el 94% de su corriente nominal.

#### 4.3 Datos de pruebas del motor de giro o ronza, plano No 41 anexo A.

##### 4.3.1 Datos de prueba del bobinado excitación del generador.

Estos datos se tomaron para complementar el trabajo en forma integral, ya que sus bobinados no fueron alterados manteniéndose los originales.

**TABLA No. 4.8.-** Corriente en la excitación, generador ronza

Velocidad	Bobinado de Excitación (A)
0 pto.	0.7 A
1 pto.	1.5 A
2 pto.	2.8 A
3 pto.	4.8 A

#### 4.3.2 Datos de prueba del bobinado de excitación del motor.

**TABLA No. 4.9.-** Excitación del motor de ronza

<b>Modo</b>	<b>Bobinado Excitación</b>
Arranque	2.8 A
Parada	1.6 A

#### 4.3.3 Datos de prueba, bobinado de freno del motor

**TABLA No. 4.10.-** Corriente del bobinado de freno del motor

<b>Modo</b>	<b>Bobinado del Freno</b>
Sobre/excitado	5 A
Freno libre	1.1 A

Luego, el cálculo del sensor de protección del bobinado de excitación del motor, según plano No 41 - anexo A, FR141, será:

$$\Delta V = \left[ \frac{4.6(200)}{4.6 + 30 + \frac{66(700)}{766}} \right] = 9.69 \text{ V}$$

El sensor FR141 en escala de (0 a 4V), será: 2.42 x 4 V con 5% de error

#### 4.4 Datos de pruebas del motor de la pluma plano No 61 anexo A

De igual manera los datos tomados son para completar el trabajo, ya que sus bobinados se mantuvieron en su forma original, al igual que en la ronza el sistema Ward Leonard no varía.

##### 4.4.1 Datos de prueba del bobinado de excitación del generador

**TABLA No. 4.11.-** Corriente de excitación para diferentes velocidades

<b>Velocidad</b>	<b>Bobinado de Excitación (A)</b>
Arriba 1 pto.	1.9
Arriba 2 pto.	3.0
Arriba 3 pto.	4.2
Arriba 4 pto.	6.0
Abajo 1 pto.	1.0
Abajo 2 pto.	1.9
Abajo 3 pto.	3.0
Abajo 4 pto.	4.2

#### 4.4.2 Datos de prueba del bobinado de excitación del motor

TABLA No. 4.12.- Corriente de excitación, en sus 02 estados

Modo	Bobinado de excitación (A)
Arranque	2.8
Parada	1.6

#### 4.4.3 Datos de prueba del bobinado de freno del motor

TABLA No. 4.13.- Corriente del bobinado de freno, del motor.

Velocidad	Bobinado del Freno (A)
Sobre/excitado	4.9
Freno liderado	1.0

Luego, calcular la regulación del sensor de protección del bobinado de excitación del motor, FR161, que sensorará:

$$\Delta V = \left[ \frac{4.8(200)}{4.8 + 30 + \frac{66(700)}{766}} \right] V$$

$$\Delta V = 10.09 \text{ V.}$$

- El sensor en escala de (0-4) V será: 2.52 x 4 V con 5% de error.
- Este grupo Ward Leonard de la pluma, no fue variado en su bobinado, los cálculos teóricos refuerzan el concepto de cálculos elementales, con los resultados seguros para una operación eficiente de la grúa de carga.

#### 4.5 Comparación de resultados de la regulación de sensores, con respecto a otra grúa con bobinados originales

Luego de rebobinados, las bobinas de excitación, armadura e interpolo del motor de gancho; bobinado de taco generador acoplados a motor de gancho y el bobinado del motor primo de inducción, se replantearon los cálculos a los sensores, provocando un trabajo en la grúa segura y eficiente, que al compararse con datos de otra grúa con bobinados originales, se encontraron pequeñas variaciones.

Estas pequeñas diferencias en sus parámetros eléctricos son comparadas con una grúa similar que mantiene sus bobinados originales, las variaciones son presentadas en la tabla N° 4.14 con porcentajes de estas variaciones.

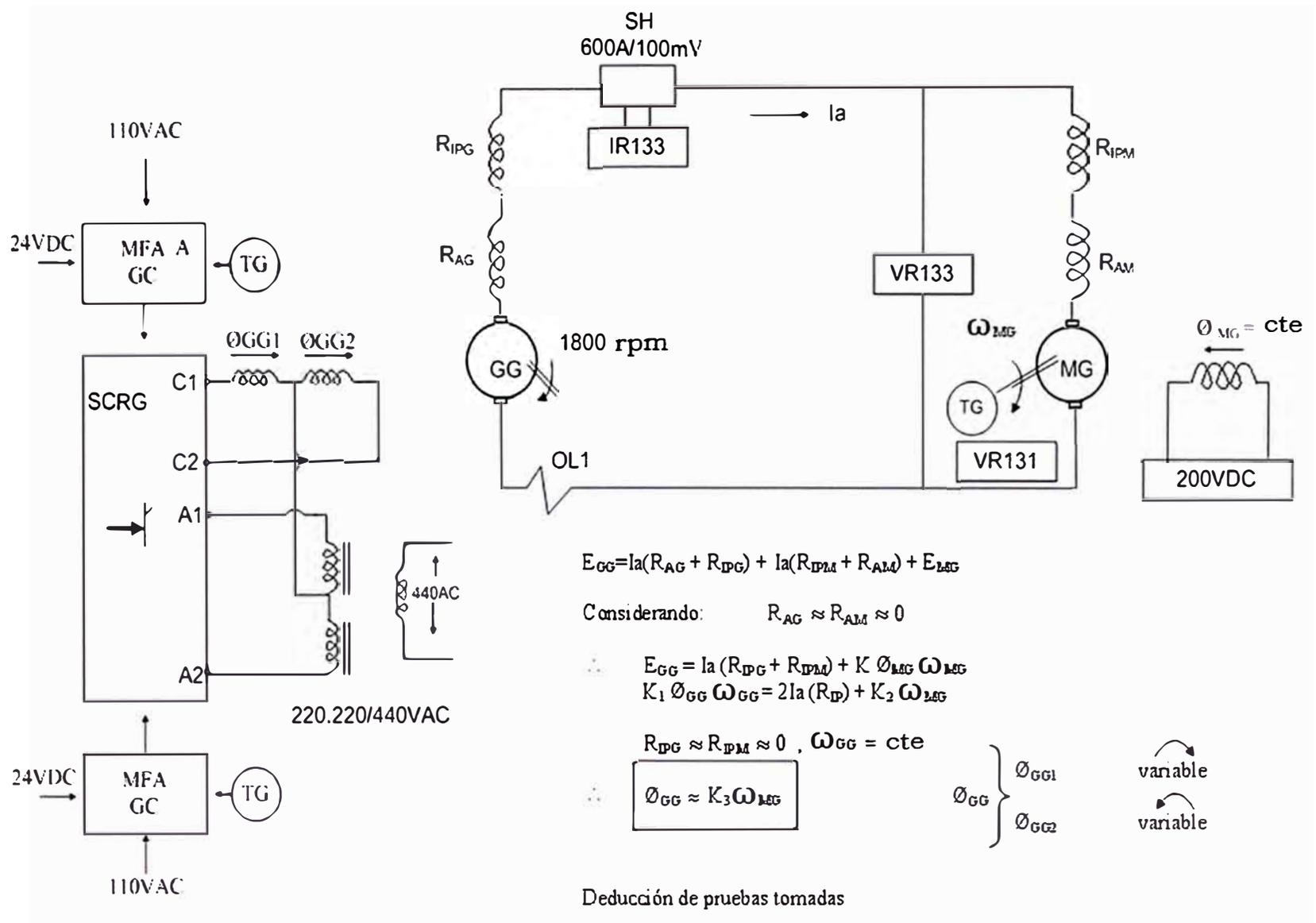


Fig. 4.3 Esquema del grupo Ward Leonard cuchara.

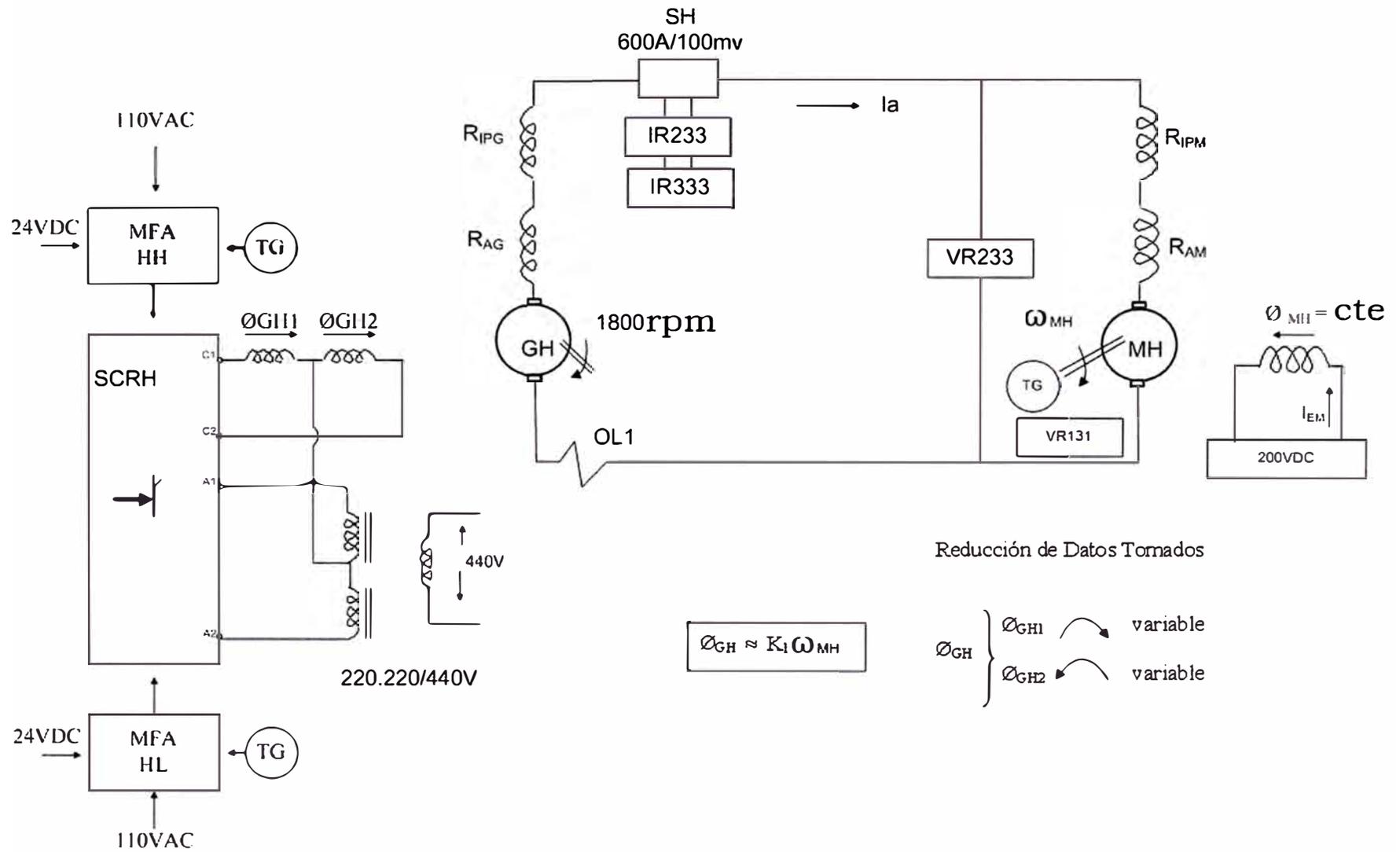


Fig. 4.4 Esquema del grupo Ward Leonard gancho.

**TABLA No. 4.14.- Sensores regulados y comparados con sensores de otra grúa de bobinados originales**

<b>Punto de Regulación</b>	<b>Nueva Regulación</b>	<b>Regulación Antigua</b>	<b>Variación (%)</b>
IR134	2.96 x 20mV	2.29 x 20 mV	22%
IR234	2.96 x 20mV	2.67 x 20 mV	9.8%
IR133	2.1 x 20mV	2.0 x 20 mV	10.4%
IR333	2.1 x 20mV	2.29 x 20 mV	7.14%
IR233	2.7 x 20mV	2.6 x 20 mV	5.5%
VR133	1.6 x 10 V	1.73 x 10 V	7.5%
VR233	1.6 x 10 V	1.72 x 10 V	6.9%
VR131	1.14 x 10V	1.12 x 10 V	1.7%
VR231	1.14 x 10V	1.1 x 10 V	2.6%
FR128	2.13 x 2 V	2.05 x 2V	3.7%
FR228	2.31 x 2 V	1.95 x 2V	15.5%
OL128	435 A	435 A	0%
TH1	3 A (100%)	2.82 (94%)	6%
FR141	2.42 x 4 V	2.35 x 4V	2.9%
FR161	2.52 x 4 V	2.38 x 4V	5.55%

## **CAPITULO V**

### **COSTOS POR OPERACIÓN Y REPARACIÓN DE LA GRÚA A BORDO DEL BUQUE DE CARGA**

#### **5.1 Costos de operación**

En buques de carga, la grúa representa el medio con el que se va a trasladar el producto, sea este a embarcar o desembarcar, siendo muchas veces el objetivo de un trabajo por concluir. En cada muelle, el trabajo de la grúa es considerado de mucha importancia, la frecuencia de trabajo tanto al cargar o descargar grandes cantidades de peso y/o volúmenes, (se esta hablando de pesos de aproximadamente 18,000 t de carga en bodegas), diariamente cada grúa trabaja de forma ininterrumpida las 24 horas. El personal del barco se aboca durante guardias de 4 hrs, a preparar la grúa y dejarla siempre en condiciones de operatividad, el personal de tierra (o muelle) que se encarga de operar la grúa (estibadores), lo hacen en grupo llamados **cuadrillas** pudiendo ser de 6 a 10 personas, dependiendo de los volúmenes a trasladar y urgencia de tener la carga en su destino.

En los puertos de mundo los trabajadores de muelle, siempre solicitan tener las grúas en las mejores condiciones de operatividad, si por algún motivo ésta no trabaja adecuadamente se retiran y exigen su reparación en un plazo breve de tiempo, dan por lo general márgenes de 30 a 45 minutos para su reparación, si no se logra ponerla a operar nuevamente, esta cuadrilla se retira, estando el responsable del barco en la obligación de pagar el jornal de turno de 4 hrs, si el tiempo de no tener la grúa operativa se amplia, se tiene que seguir pagando a las cuadrillas que fueron nombradas, a pesar que no trabajan. Como se tiene que descargar/cargar, obligatoriamente el producto del barco, se obliga a alquilar una grúa de puerto, siendo el costo por hora considerable. Se debe hacer notar que el responsable del barco corre con los gastos de alquiler de la grúa y del operador del mismo.

#### **5.2 Cálculo aproximado de gastos adicionales por una falla de la grúa**

En puerto de EE.UU. los gastos por mano de obra, son:

Gastos de mano de obra de estibador:      32 dólares / hombre

Número de personas por cuadrilla, promedio: 8 personas.

Alquiler de una grúa de 25 t, en muelle 800 dólares/h, promedio

Gasto por operario de grúa de muelle : 48 dólares/h, personal calificado

**Premisa:** El tiempo que el barco debe estar en muelle debe ser lo mínimo, por todos los gastos adicionales que provoca, se debe considerar el costo de alquiler de muelle, sueldos del personal embarcado, gastos administrativos, etc.

Gastos adicionales por horas no trabajadas de la grúa en puerto de EE UU.

**TABLA No. 5.1.-** Gastos cada 4 horas en promedio.

	<b>4hrs</b>	<b>8 hrs</b>	<b>12 hrs</b>	<b>16 hrs</b>	<b>20 hrs</b>	<b>24hrs</b>
Cuadrillas	1024	2048	3072	4096	5120	6144
Alq. grúa de muelle	3200	6400	9600	12800	16000	19200
Operario de grúa	192	384	576	768	960	1152
Gastos tot. promd.	4416	8832	13248	17664	22080	26496

Se puede notar, que los gastos por no tener la grúa operativa es considerable, el comportamiento normal del responsable del barco, ante una eventualidad de falla de la grúa es el de tratar de corregir el fallo en el menor tiempo posible, debiendo estar el especialista en reparaciones de la grúa en condiciones de reparar (por lo general en calibrar) nuevamente los sensores, dado que la descalibración de algún elemento de protección o control, fué consecuencia de una falla mecánica o error de operación.

Sí en las 2 primeras horas no se soluciona el problema se debe solicitar el alquiler de la grúa de muelle, por lo que los gastos de mano obra de las cuadrillas pasan a ser las consideradas en el plan de trabajo original (no son consideradas como gastos adicionales). Solamente por no estar operando la grúa, se tiene un gasto adicional en las primera 24 horas de 26,496 dólares con incrementos de 4,416 dólares/4 horas de trabajo.

Ahora si la falla de la grúa, fué de una magnitud tal que provoque un daño a la bobina, gastos de desalojo del motor (por ejemplo de 100 kW, con peso de 2.3 t ), rebobinado, instalación, considerando que el barco puede estar en cualquier parte del mundo, el tiempo que deja de trabajar la grúa, etc. , hacen un monto total variable de varios miles de dólares . En Australia un trabajo de rebobinado costó 45,000 dólares sin considerar otros gastos, como que fue instalado en Canadá y el motor demoró 6 meses en volver a instalarse.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1) Los motores de corriente continua de excitación independiente, presentan curvas de pendientes negativas, donde la velocidad varía muy poco al variar la carga.

2) Los motores de corriente continua con el avance de la electrónica de potencia a creado nuevas formas de aplicación, en siderúrgicas, metalúrgicas, industrias del papel, plásticos, grúas de carga, mercado naviero, etc.

3) En grupos Ward Leonard, el control de velocidad por efecto del flujo de excitación independiente del generador es recomendable para obtener velocidades inferiores a la velocidad base. Mientras con el control del flujo de excitación del motor, manteniendo la tensión en bornes constante, es usado para velocidades mayores.

4) El efecto de la reacción de armadura, provoca en el sistema Ward Leonard debilitamiento del campo, tanto del lado del generador como del motor, creando variaciones de la tensión, este efecto se minimiza con el devanado de inter polos, produciendo pequeñas variaciones de velocidad, cuando el sistema se encuentra con carga.

5) Los sistemas Ward Leonard, son bastantes usados cuando se quiere obtener una variación de velocidad continua, esto se logra por el tipo de control y la tecnología utilizada, lo que encarece al sistema, obligando al especialista en grúas a mantener los parámetros eléctricos regulados con precisión y evitar los altos costos de reparación.

6) Los ajustes de parámetros de operación y seguridad, garantiza que siempre el par de arranque de los grupos Ward Leonard logre vencer al par antagónico de la carga, en cualquier condición de trabajo.

7) El sistemas Ward Leonard en la grúa son fáciles de controlar, logrando amplios rangos de velocidades utilizando reactores saturados para hacer conducir a tiristores e inyectar la corriente de campo a una de las dos bobinas de excitación del generador y hacer girar al motor en una u otra dirección.

8) El sistema Ward Leonard aplicado a la grúa, es muy importante la sincronización

de los parámetros eléctricos mediante la regulación de los sensores y los movimientos específicos de la grúa en cualquiera de sus dos modos de trabajo ,a través de micro interruptores de control de posición.

## **RECOMENDACIONES**

Para mantener la grúa siempre operativa y evitar problemas en su operación, se debe de tener presente algunas recomendaciones, para evitar paradas que involucren posteriores gastos significativos en su reparación.

1) Todas las bobinas del sistema Ward Leonard, como de armaduras, de excitación de generadores y motores, de inter polos y de freno, deben de controlarse su aislamiento y tener un registro de sus valores.

2) Revisar frecuentemente las regulaciones de los sensores, calibraciones, niveles de aceite del relé de sobrecarga, ya que como se mencionó las vibraciones pueden provocar alteraciones de los mismos.

3) Al ser los motores de corriente continua, máquinas con colectores y carbones, los cuales se ensucian por el desgaste de los mismos, deben de limpiarse permanentemente, secados y estufados. Deben de mantenerse una temperatura que evite condensaciones de la humedad, ya que los grupos Ward Leonard pierdan aislamiento fácilmente.

4) Es de suma importancia revisar la distancia (en mm), entre los ferodos o zapatas y el yugo del freno, si están fuera de rango de seguridad por efecto de su desgaste, cambiar los ferodos, asimismo limpiar el hollín que generan las fricciones. Los resortes de actuación de los ferodos deben también revisarse periódicamente.

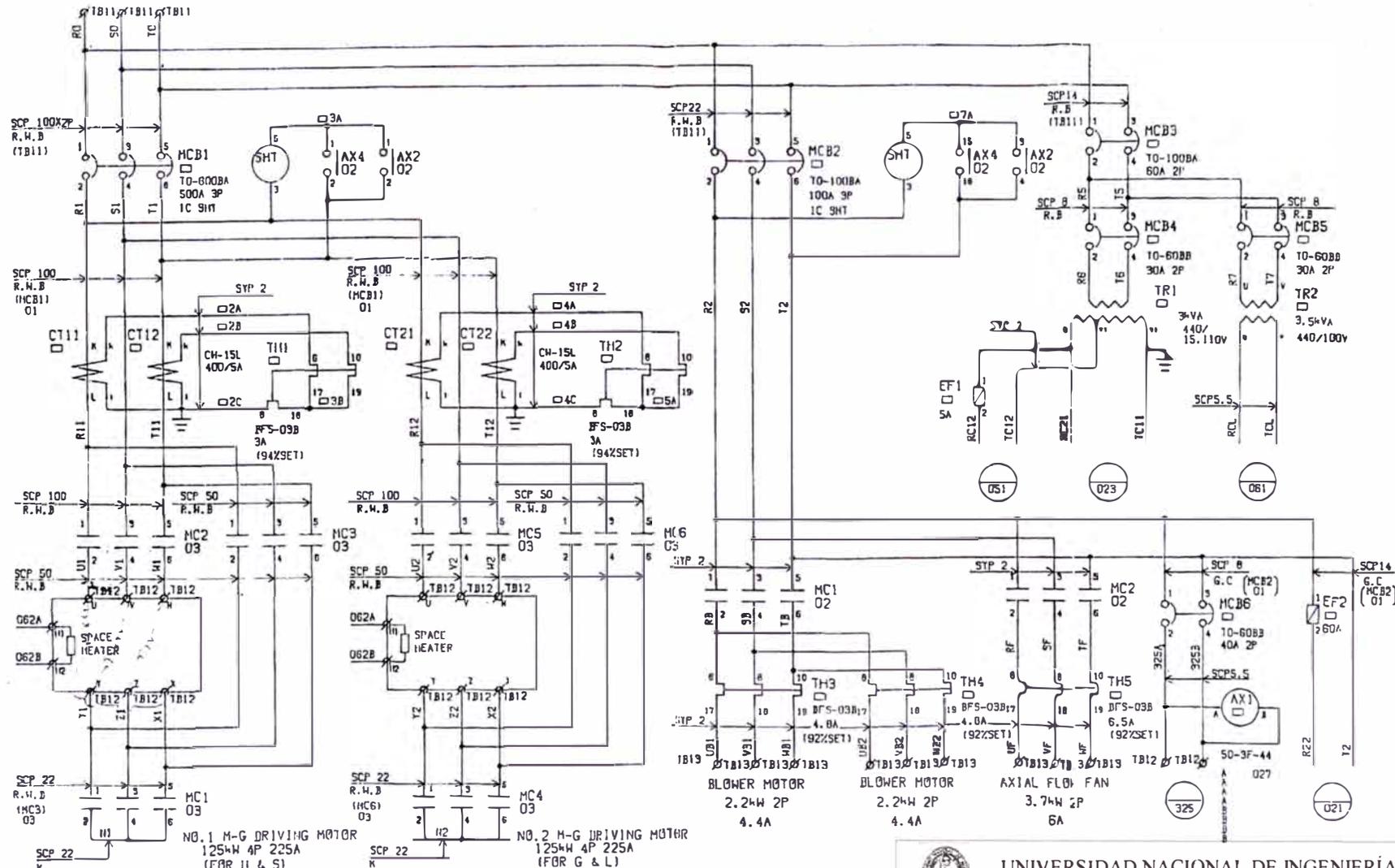
5) Antes de empezar los trabajos de carga/descarga de producto, el probador o simulador de velocidades de gancho y cuchara, debe utilizarse para comprobar el buen estado del tablero eléctrico.

6) Los sistemas de piñones planetarios reductores de velocidad de los motores del sistema Ward Leonard tienen una lubricación tipo salpicadura de aceite, que por efecto de la fricción se forman partículas metálicas que deben evacuarse, además, cada 6 meses aproximadamente se deberá de cambiar el aceite.

7) La caseta de mando posee ventiladores de tiro forzado de refrigeración, pudiendo introducir aire contaminado con partículas, que dañen los bobinados de los grupos Ward Leonard, por lo que se hace necesario cambiar y/o limpiar los filtros de aire, que se tiene a la entrada de aire al cuarto de máquinas.

**ANEXO A**  
**PLANOS ELÉCTRICOS DE LA GRÚA WARD LEONARD**

AC 440V 60Hz 3φ

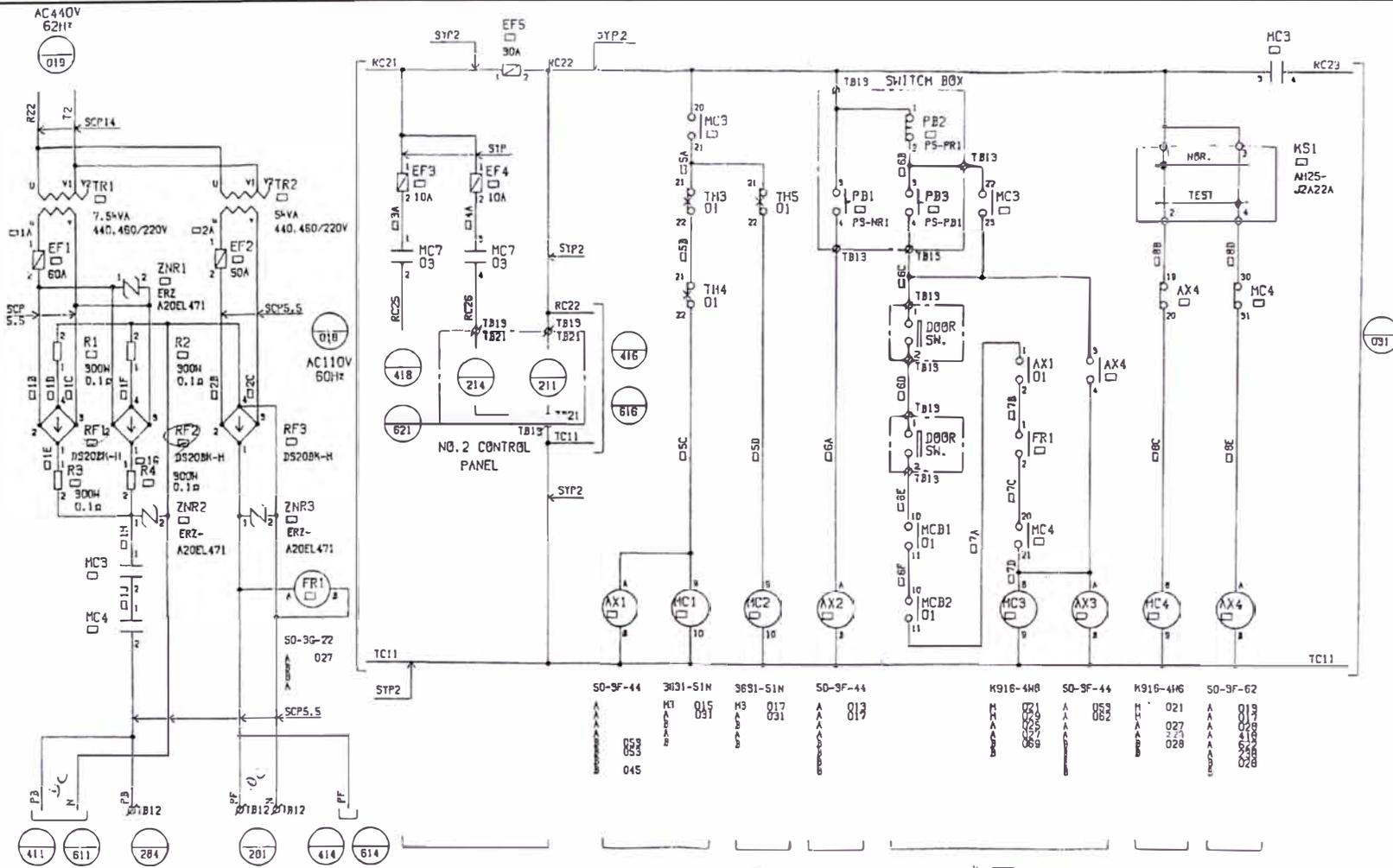


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lécior Polo  
Asesor Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA ESQUEMA DE  
MOTORES AC

PLANO 01



411 SLEN. ALUFF  
 611 BRAHE. GEHE.  
 284 H01ST. & GRAB.  
 BRAKE  
 201 H01ST. & GRAB.  
 H010R FIELD  
 414 SLEN. ALUFF  
 614 H010R FIELD

CONTROL  
 CIRCUIT

BLOWER  
 MOTOR

AXIAL FLOW  
 FAN

ENERG. CT  
 STOP

SOURCE ON-OFF  
 (NO-VOLTAGE  
 RELAY)

H01R.  
 CIRCUIT  
 TEST  
 CIRCUIT

NO. 1 CONTROL PANEL

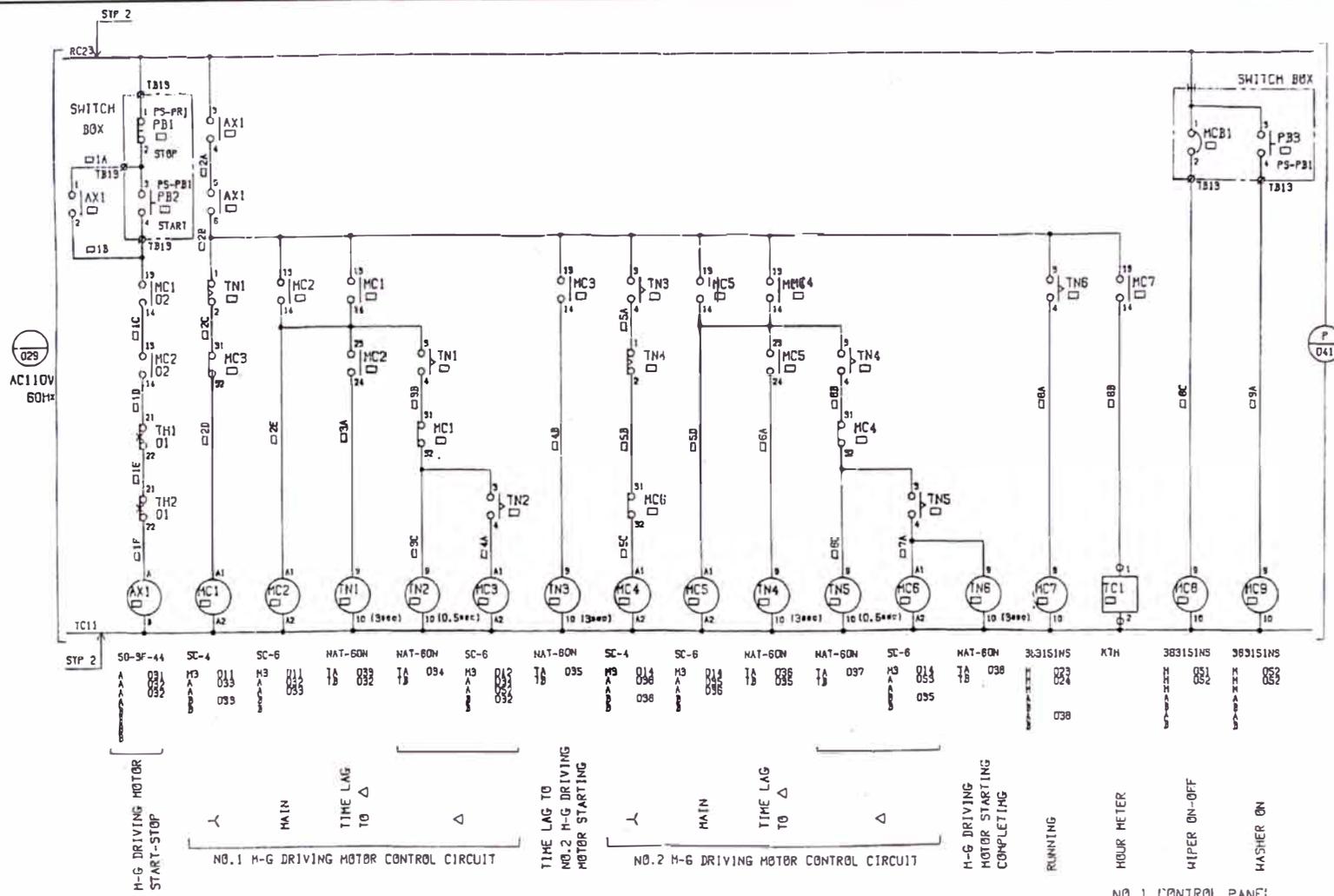


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

Bach. D Lector Polo  
 Asesor Ing. M Carranza  
 FECHA: ENE - 2010

ALIMENTACIÓN DE  
 CONTROL

PLANO: 02

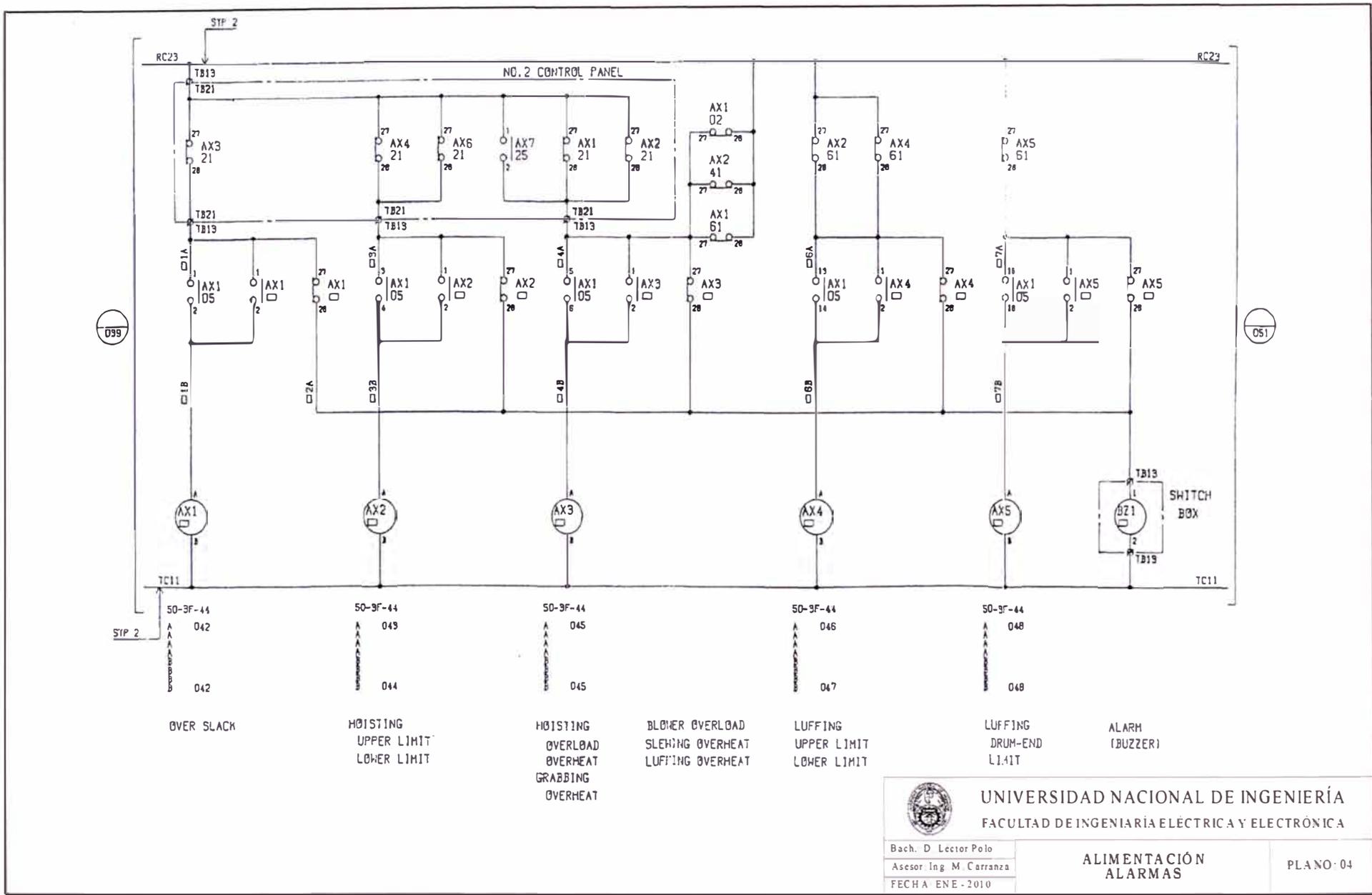


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

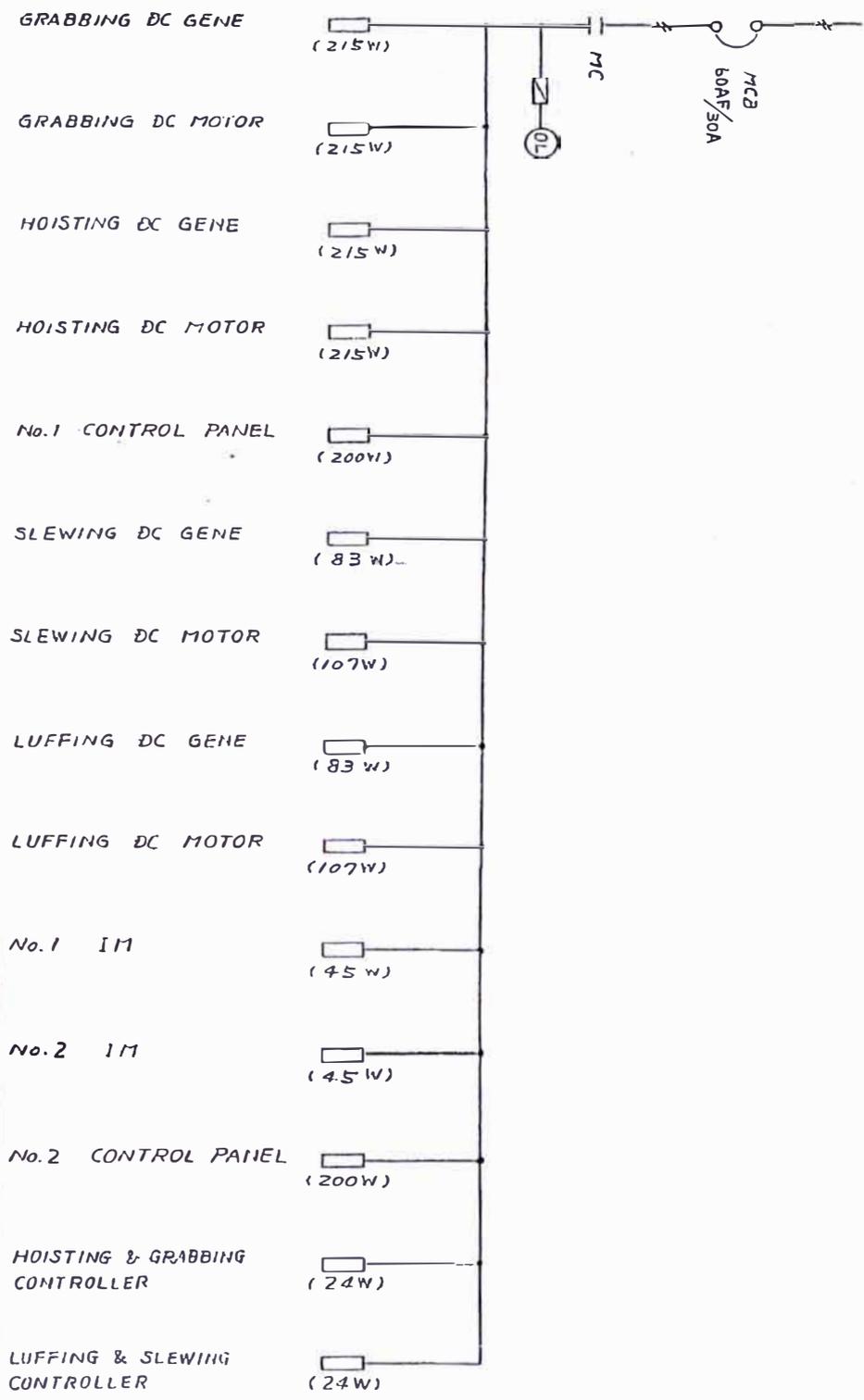
Bach. D. Lector Polo  
 Asesor Ing. M. Carranza  
 FECHA. ENE - 2010

ARRANQUE Y/Δ

PLANO: 03



SOURCE FOR  
SPACE HEATER  
AC/100V 60Hz 1 $\phi$



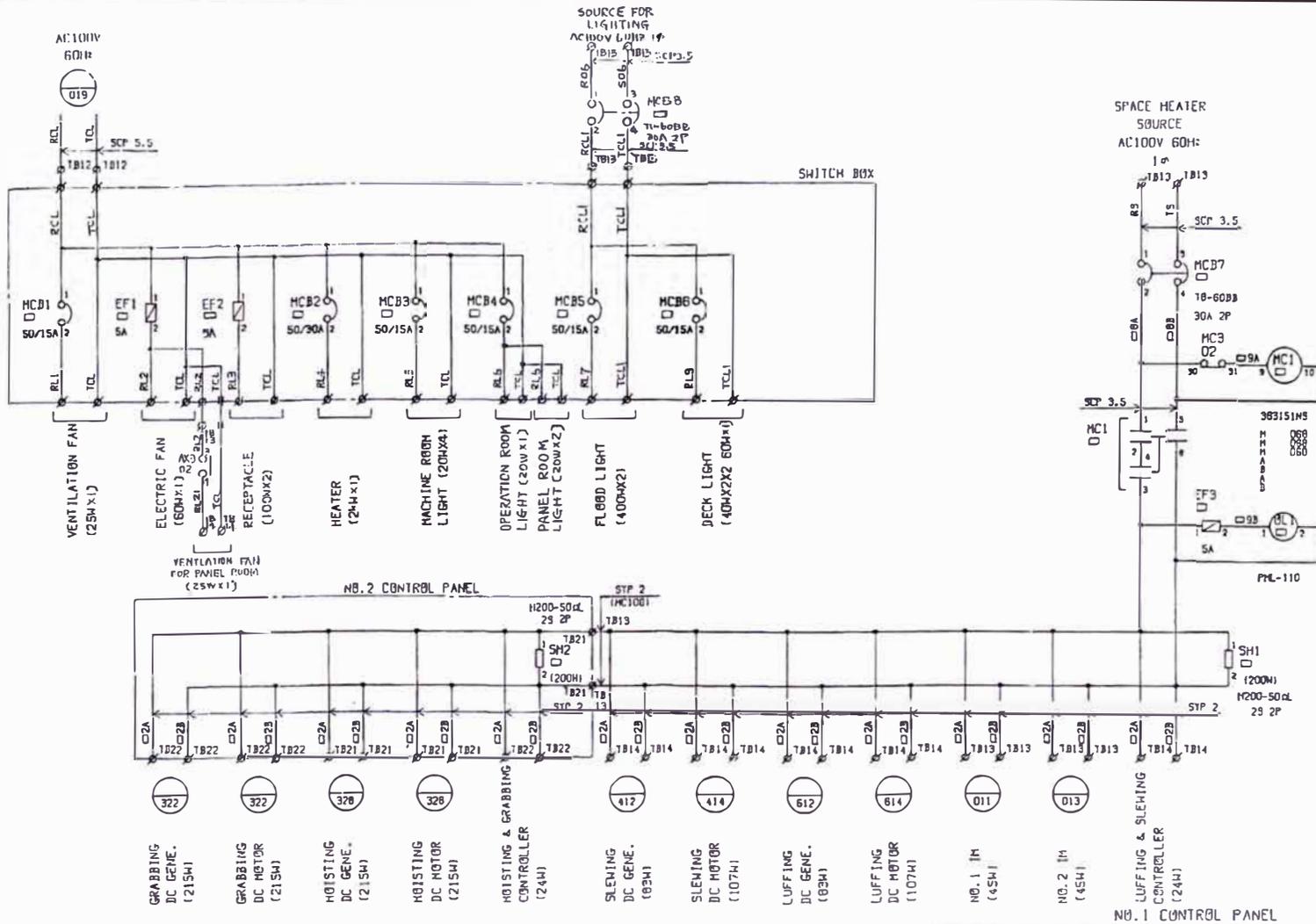
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor: Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA  
CALEFACCION

PLANO: 05





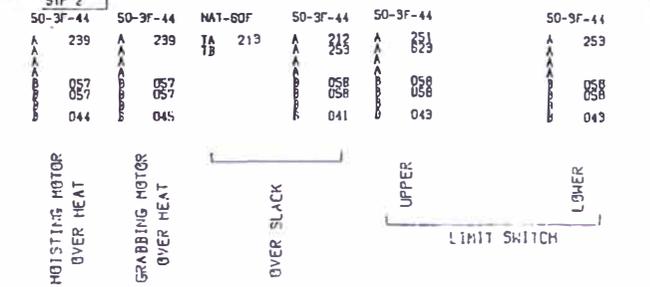
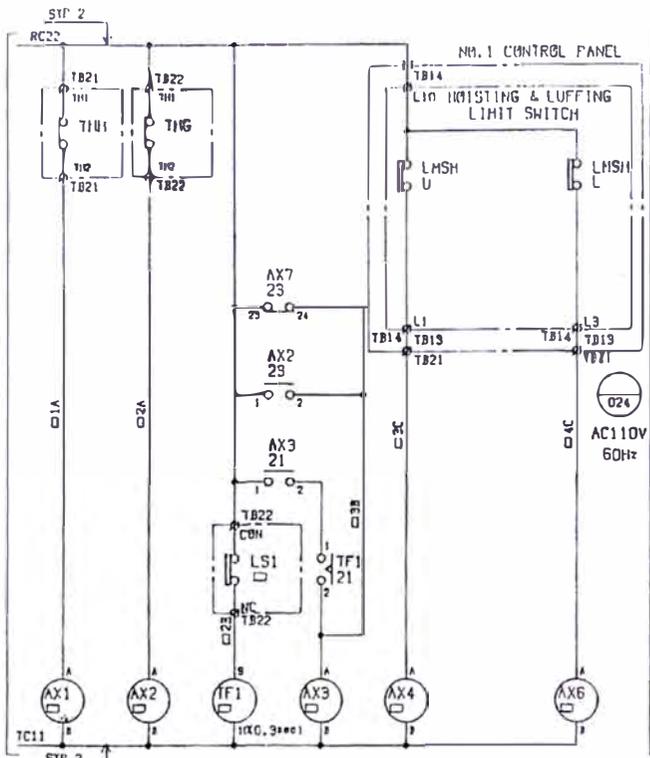
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor: Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

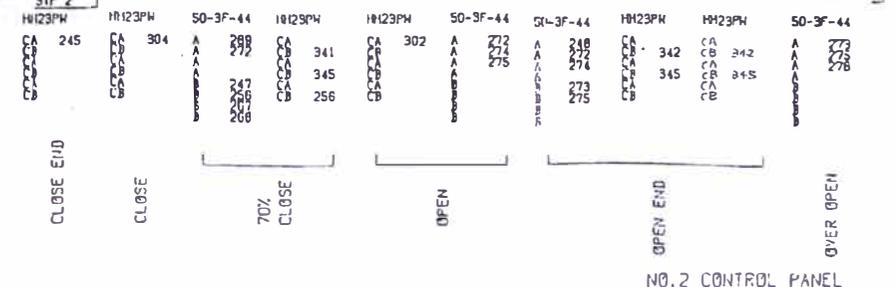
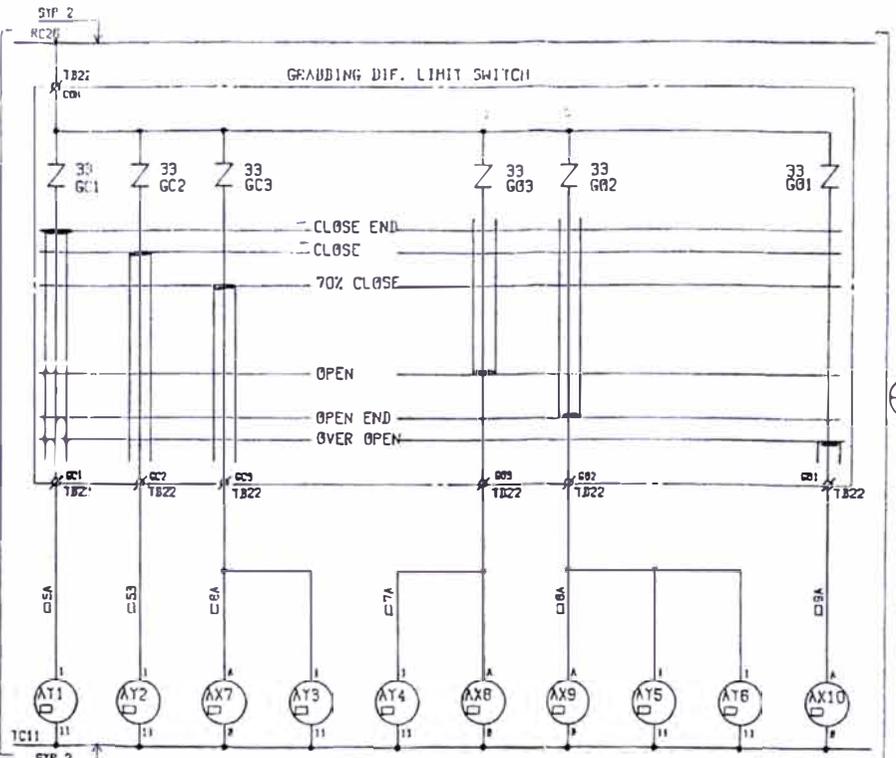
ALUMBRADO Y  
CALEFACCION

PLANO: 06

901  
024  
AC110V  
60Hz



HOISTING MOTOR OVER HEAT  
GRABBING MOTOR OVER HEAT  
OVER SLACK  
LIMIT SWITCH  
UPPER  
LOWER



CLOSE END  
CLOSE  
70% CLOSE  
OPEN  
OPEN END  
OVER OPEN

NO. 2 CONTROL PANEL



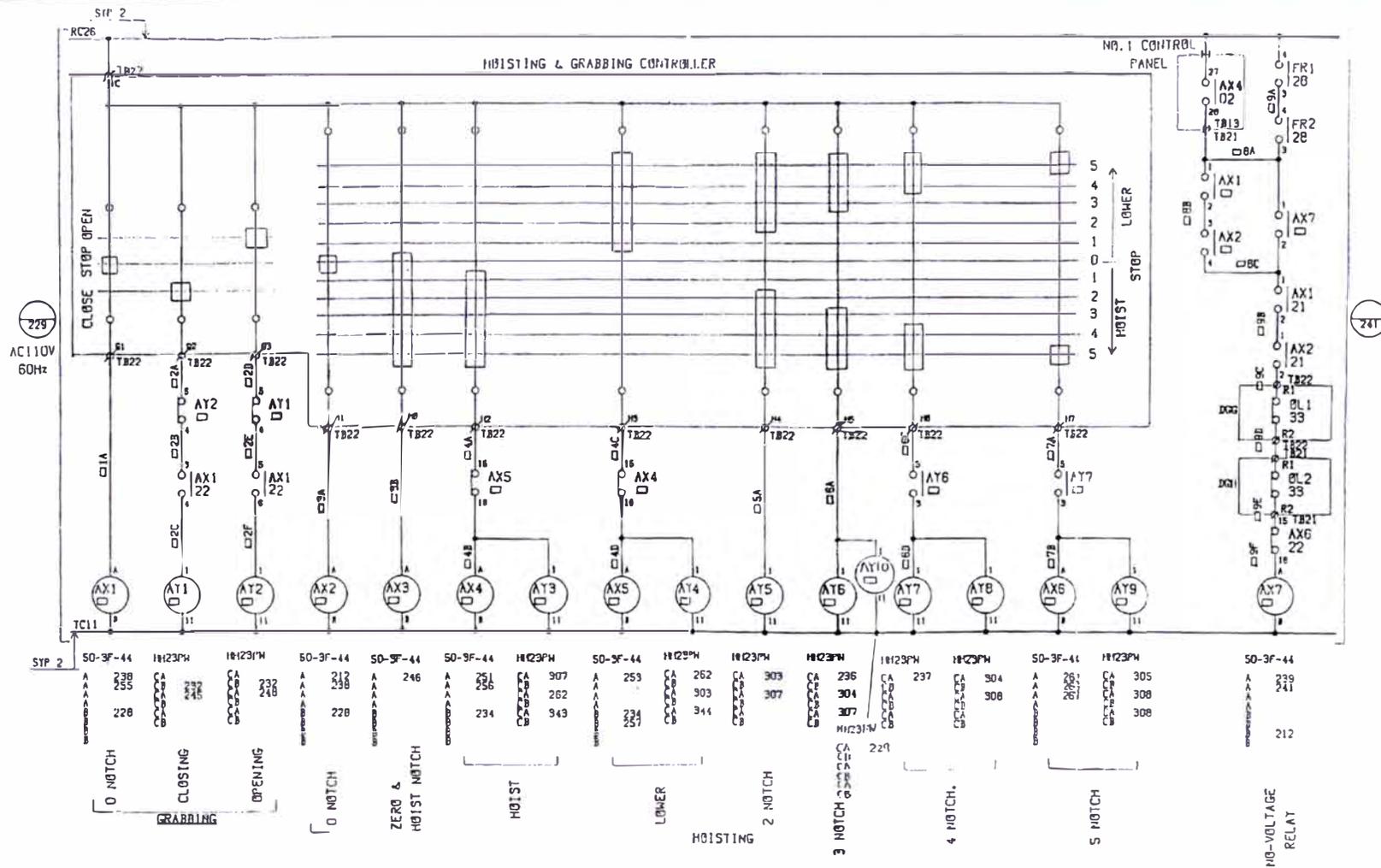
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA GANCHO  
Y CUCHARA

PLANO: 21





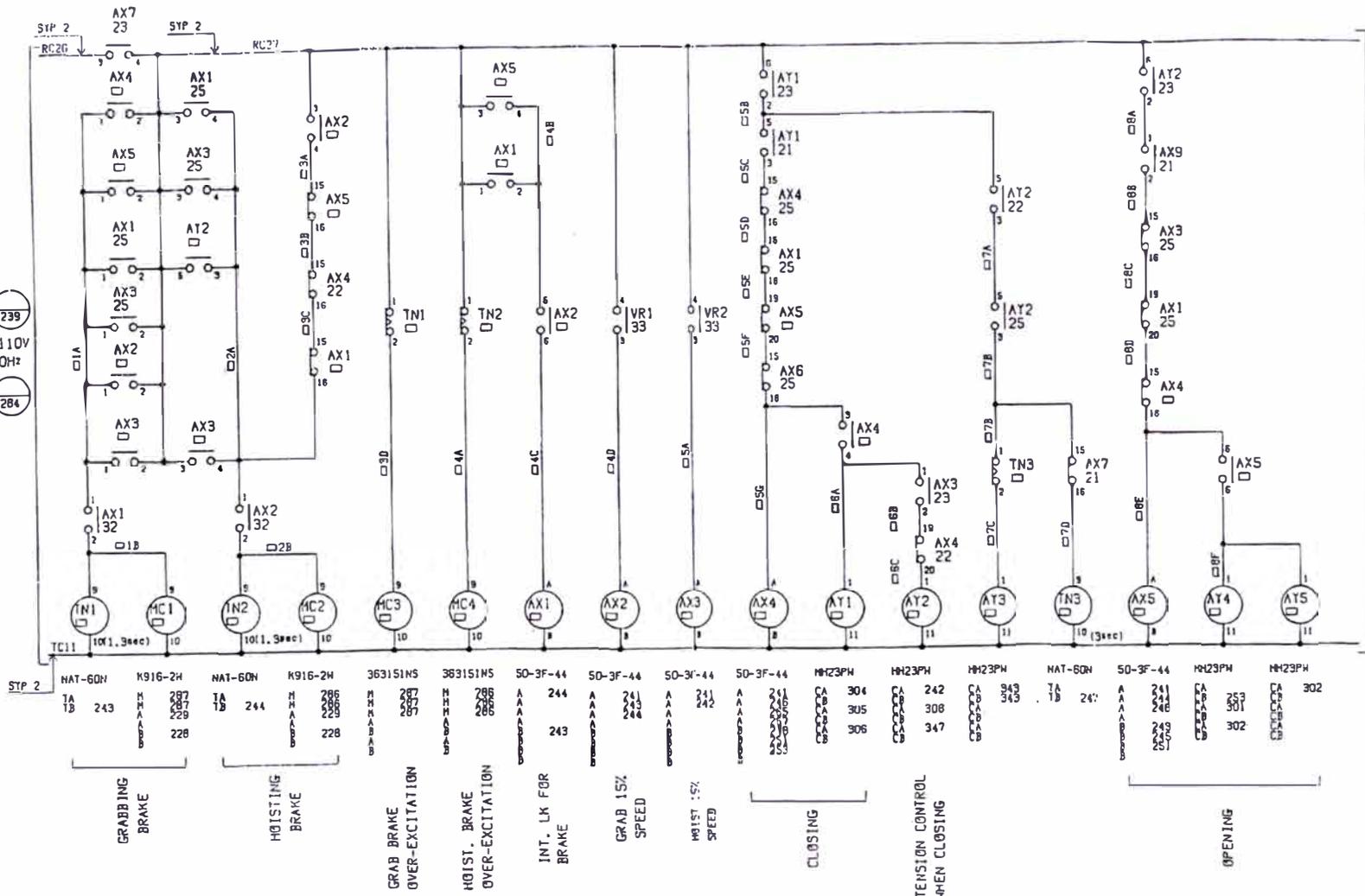
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach: D. Lector Polo  
Asesor Ing M Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA, GANCHO  
Y CUCHARA

PLANO: 23

239  
AC 110V  
60Hz  
284



251



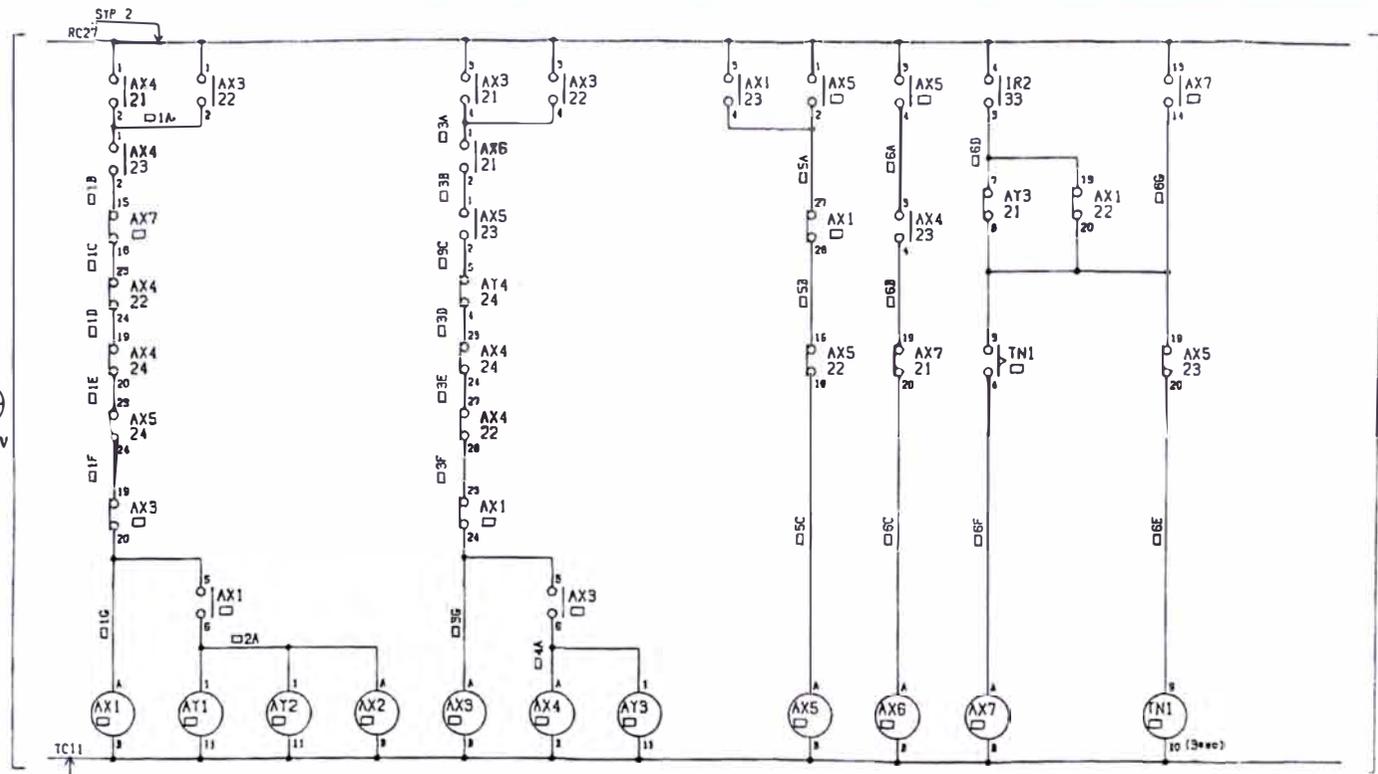
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor Ing. M. Carranza  
FECHA ENE - 2010

DIAGRAMA GANCHO  
Y CUCHARA

PLANO 24

249  
AC110V  
60Hz



261

STP 2  
50-3F-44  
NH23PH  
NH23PH  
50-3F-44  
50-3F-44  
50-3F-44  
NH23PH  
50-3F-44  
50-3F-44  
50-3F-44  
NAT-6DN

241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400

HOISTING

LOWERING

AUT. HOISTING  
AFTER  
70% CLOSE

HOISTING  
OVER LOAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

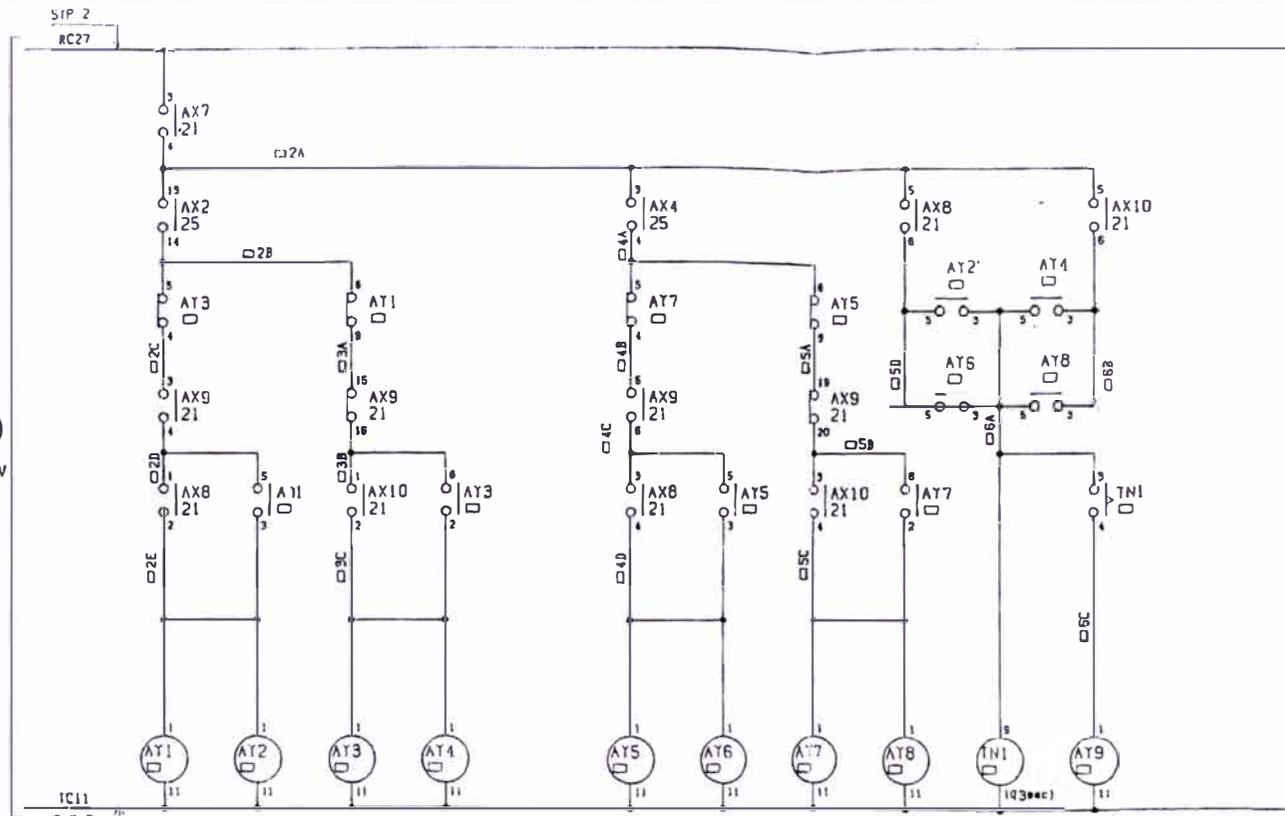
Bach. D. Lector Polo  
Asesor: Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA GANCHO  
Y CUCHARA

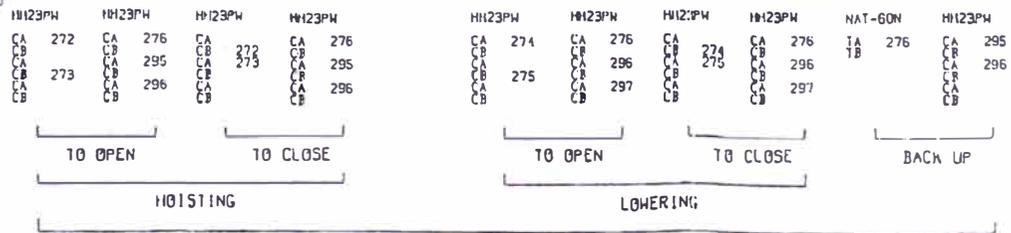
PLANO: 25



269  
AC 110V  
60Hz



291



OPEN-ANGLE CONSTANT CONTROL

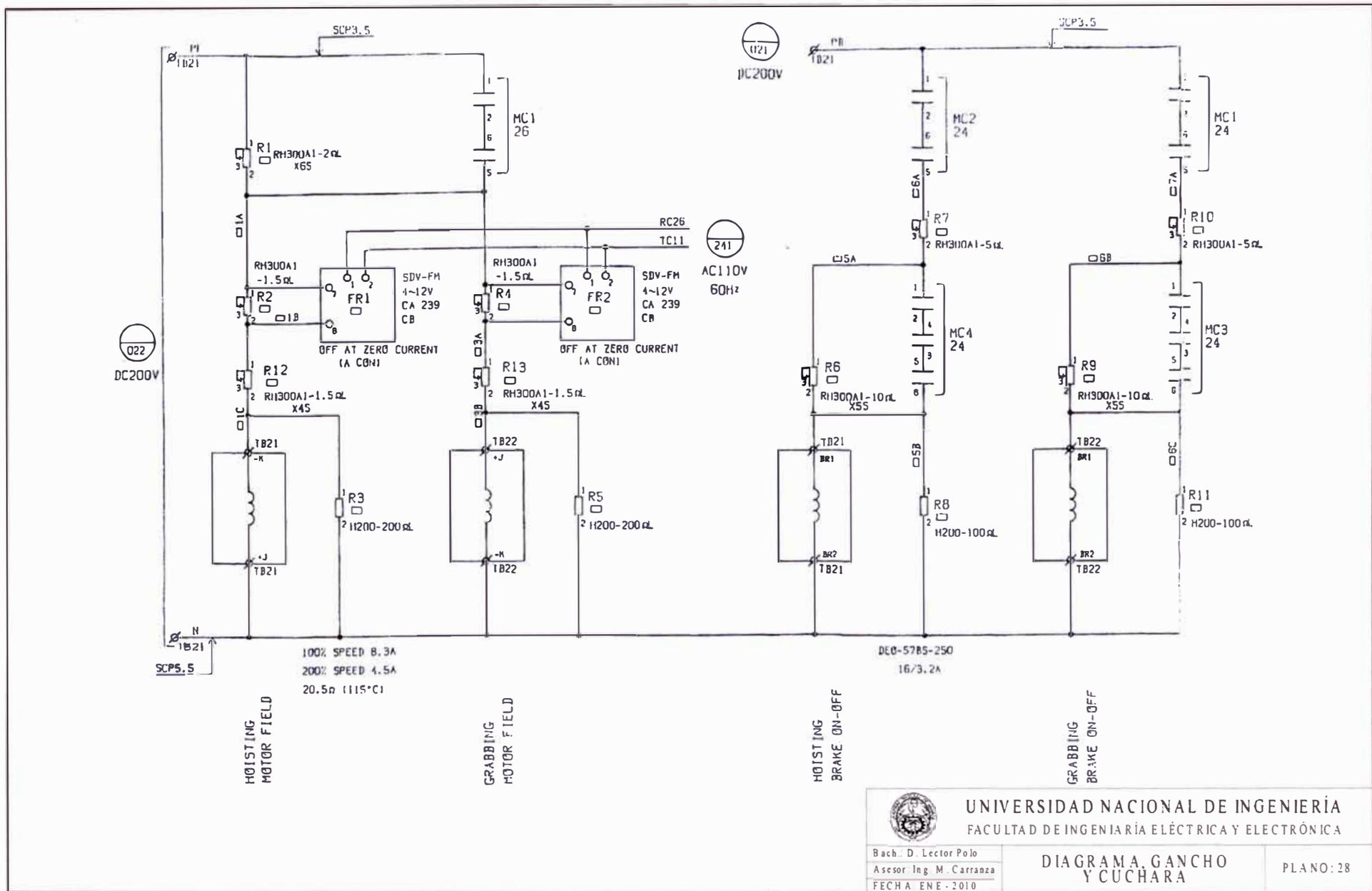


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor: Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA GANCHO  
Y CUCHARA

PLA NO: 27

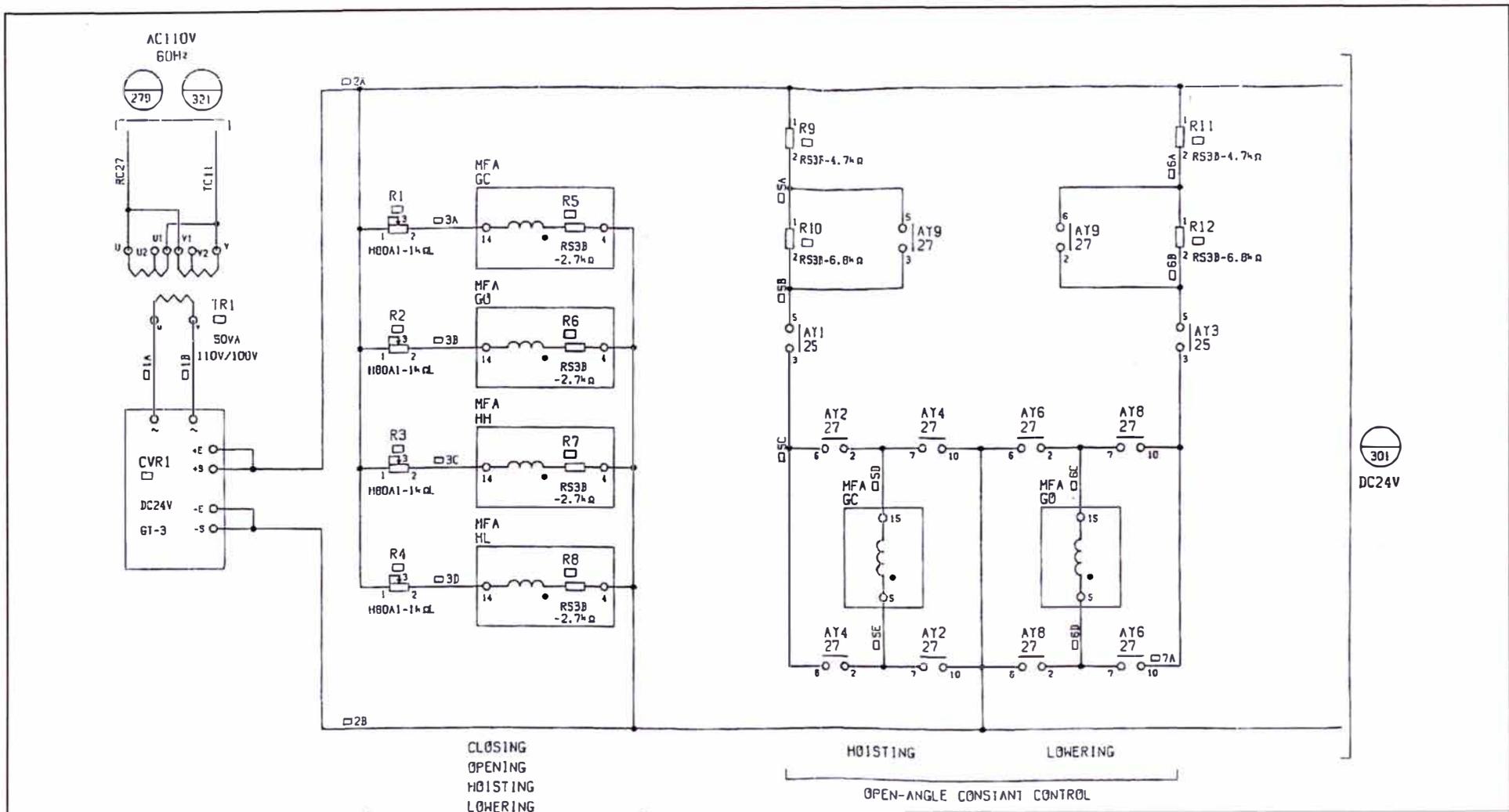


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
 Asesor Ing. M. Carranza  
 FECHA ENE - 2010

DIAGRAMA GANCHO  
 Y CUCHARA

PLANO: 28

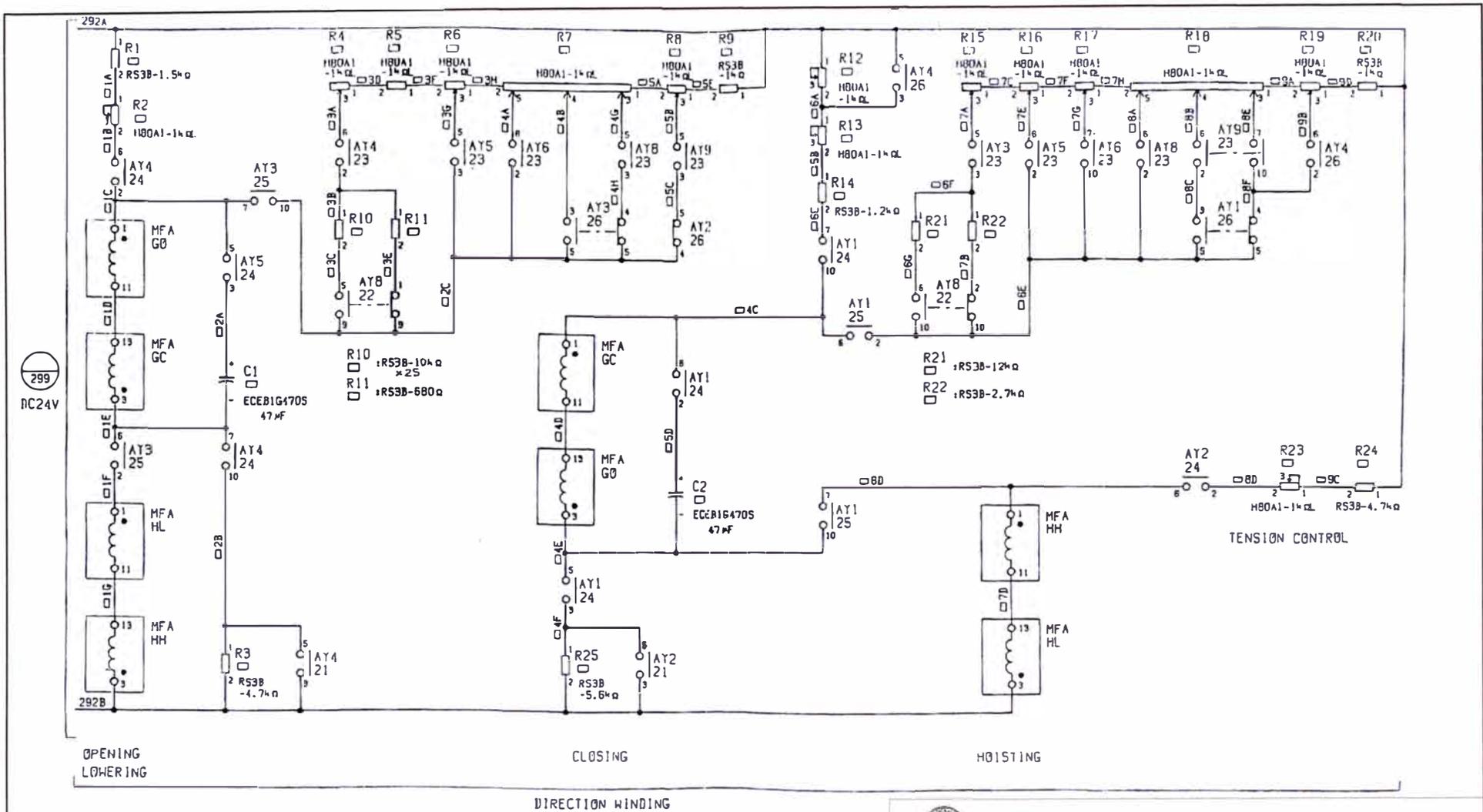


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRONICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor Ing M Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA, GANCHO  
Y CUCHARA

PLANO: 29

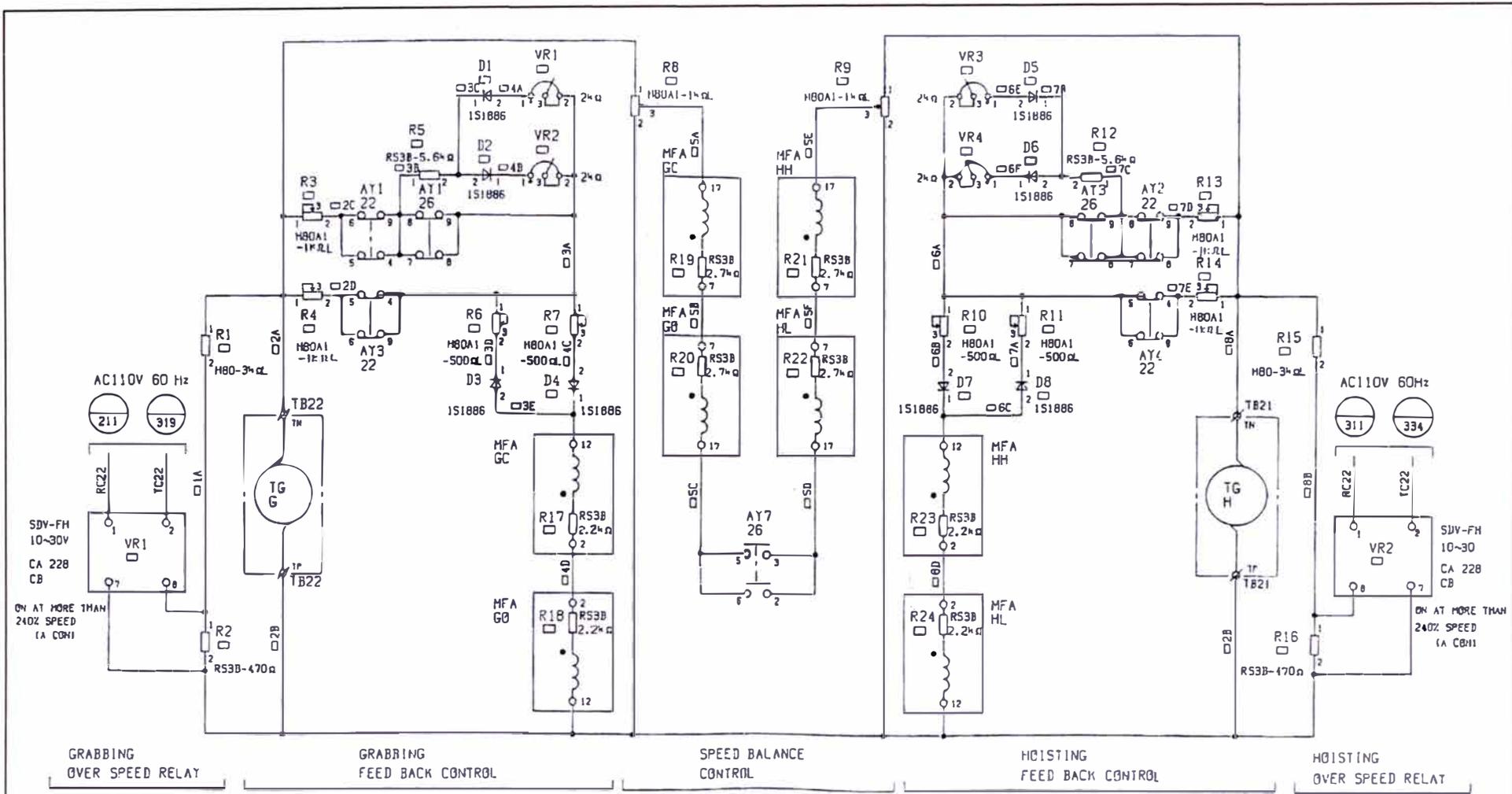


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach: D. Lector Polo  
Asesor: Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA, GANCHO  
Y CUCHARA

PLANO: 30

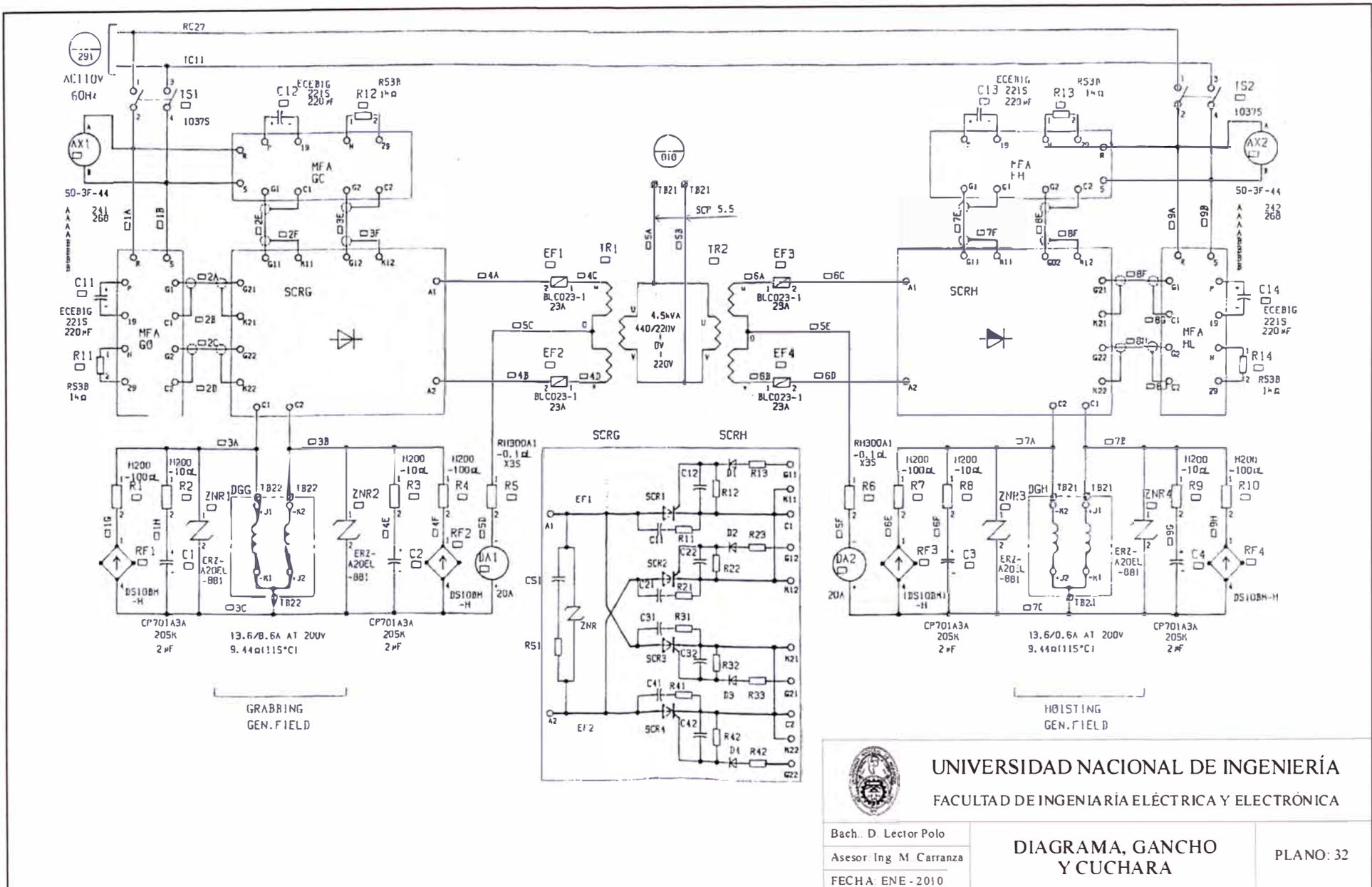


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
 Asesor Ing. M. Carranza  
 FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA, GANCHO  
 Y CUCHARA

PLANO: 31

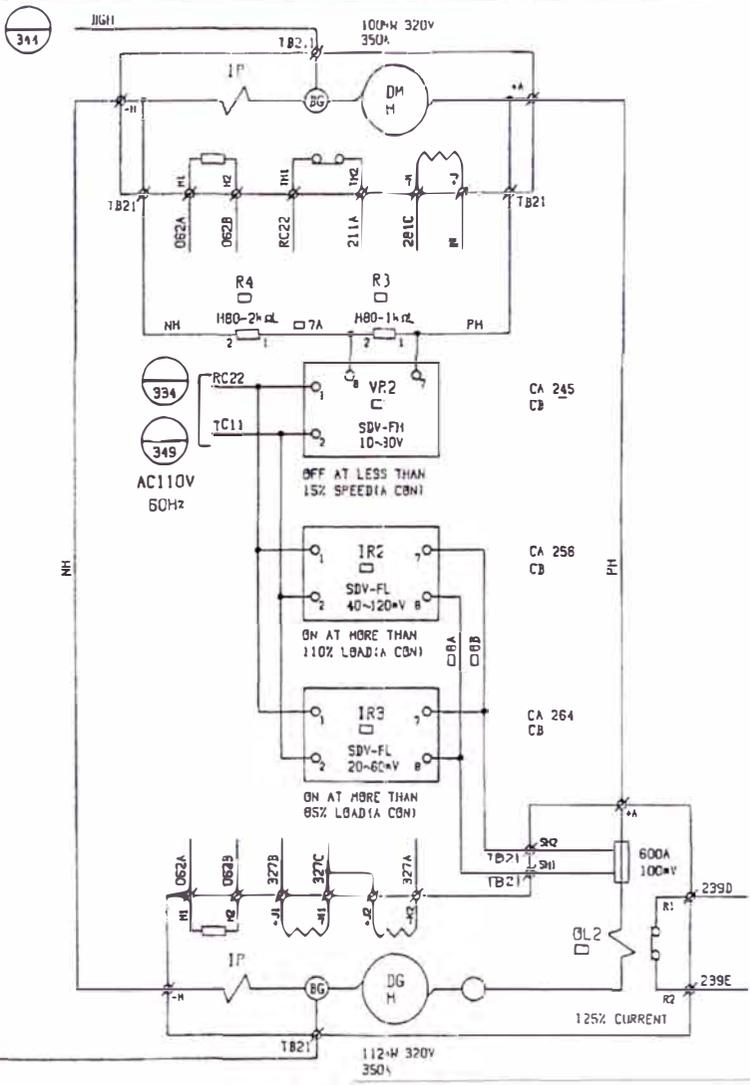
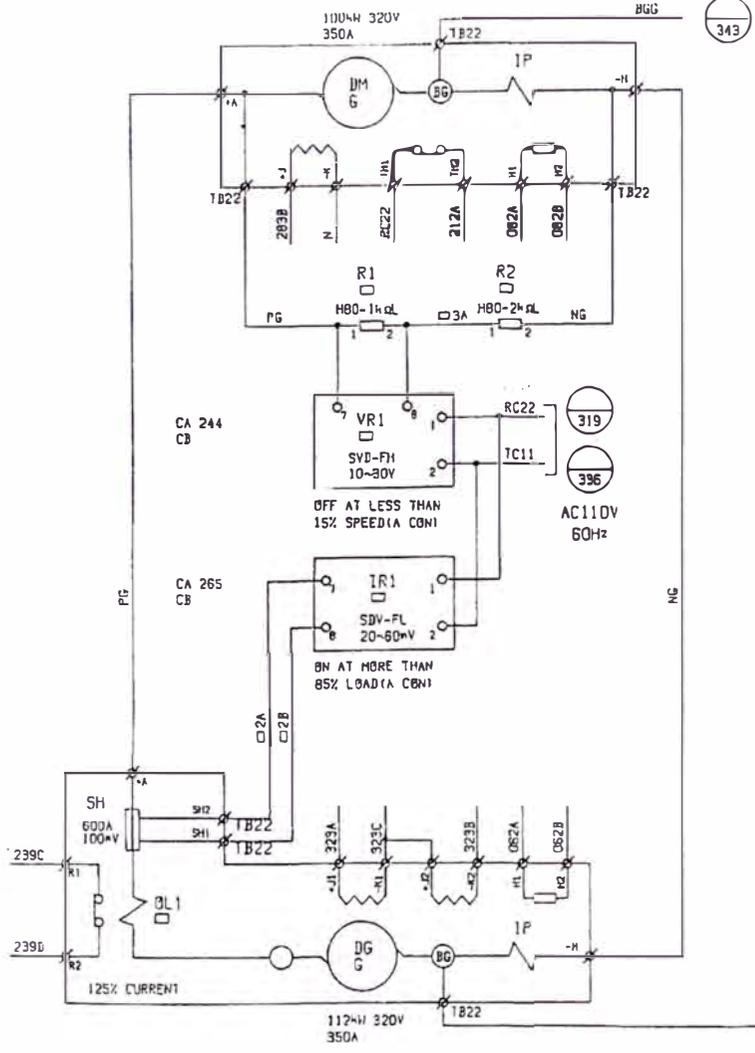


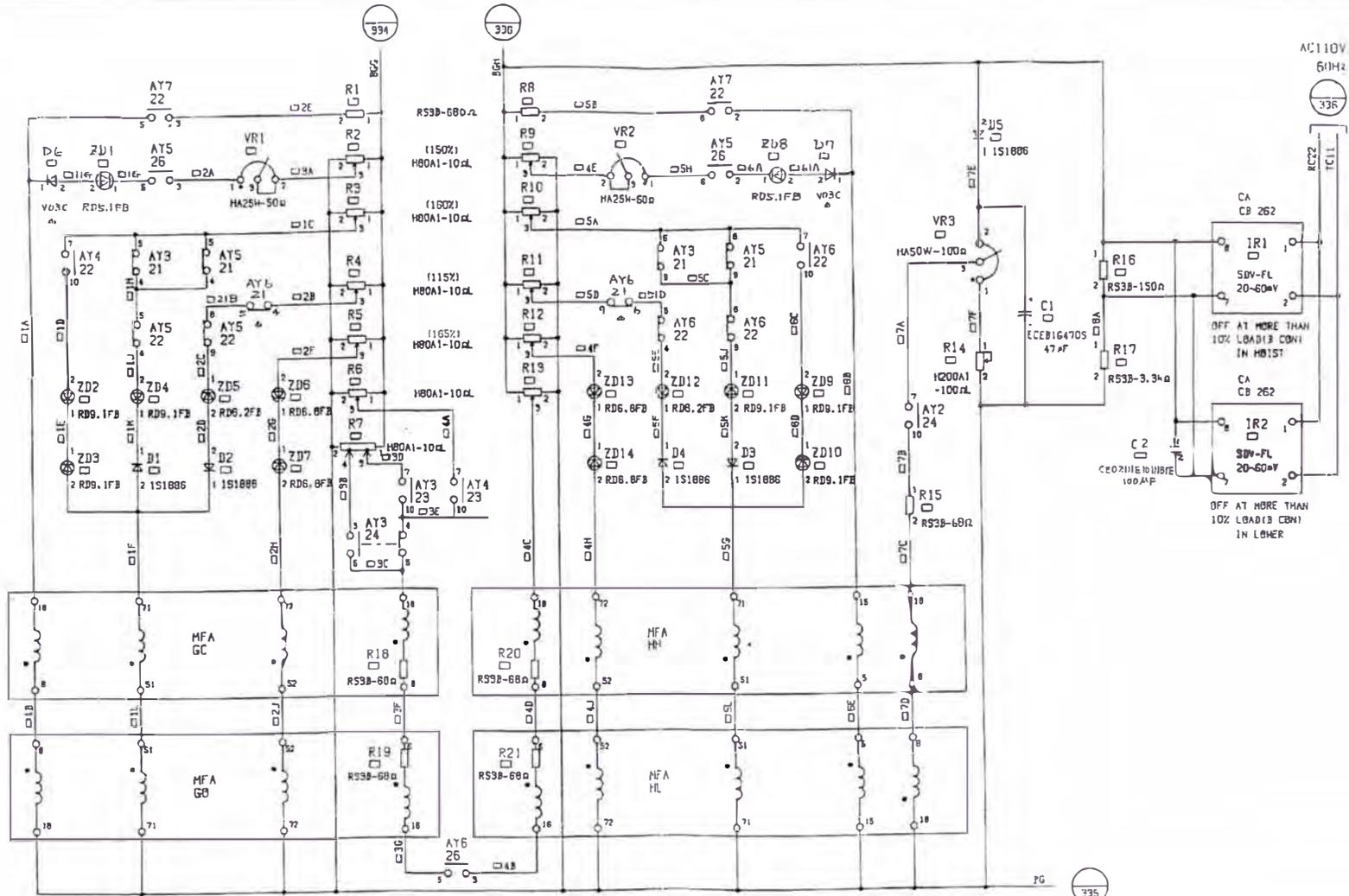
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

Bach. D. Lector Polo  
 Asesor Ing. M. Carranza  
 FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA, GANCHO  
 Y CUCHARA

PLANO: 32





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

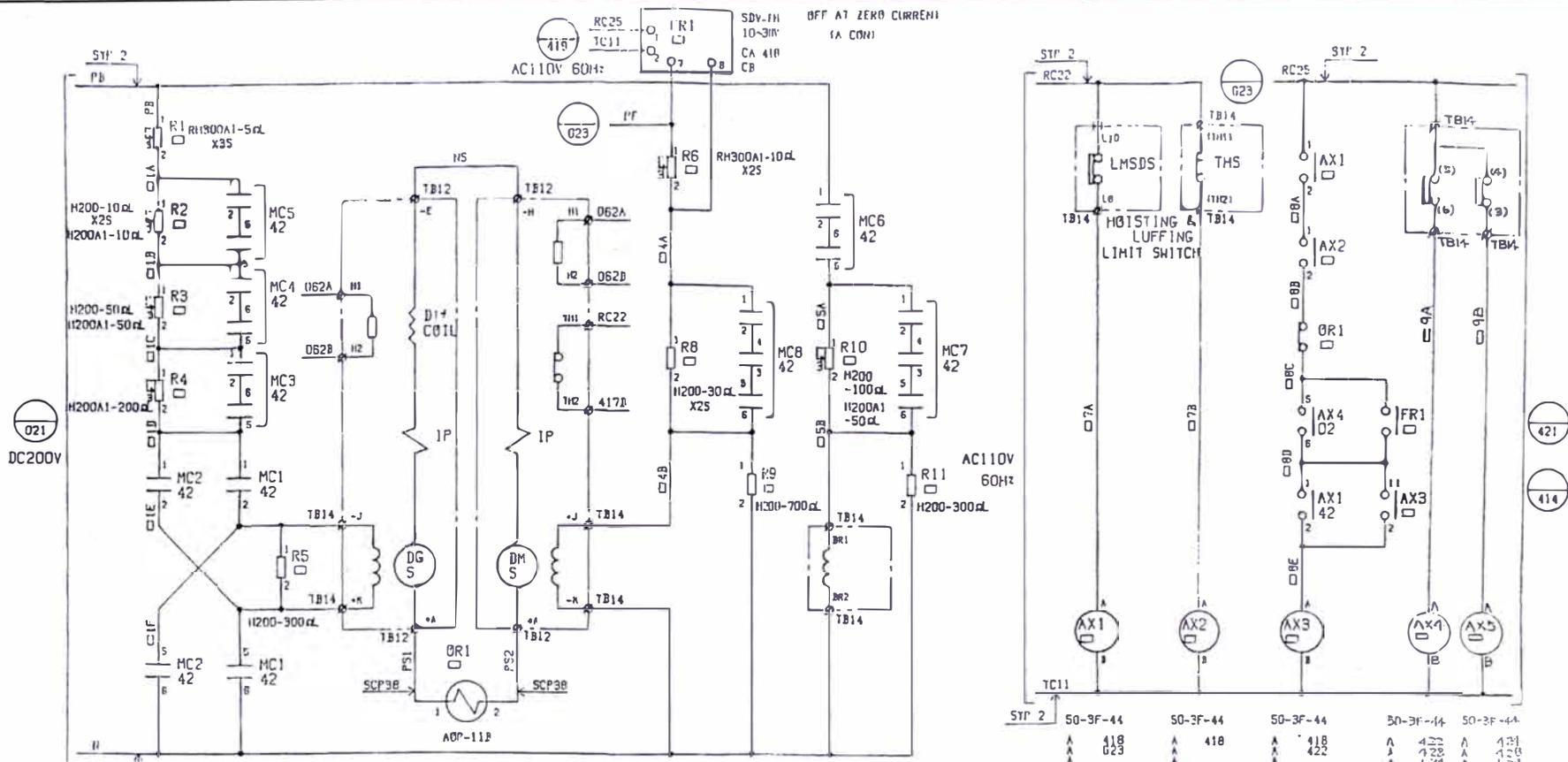
Bach. D. Lector Polo  
Asesor: Ing M Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA. GANCHO  
Y CUCHARA

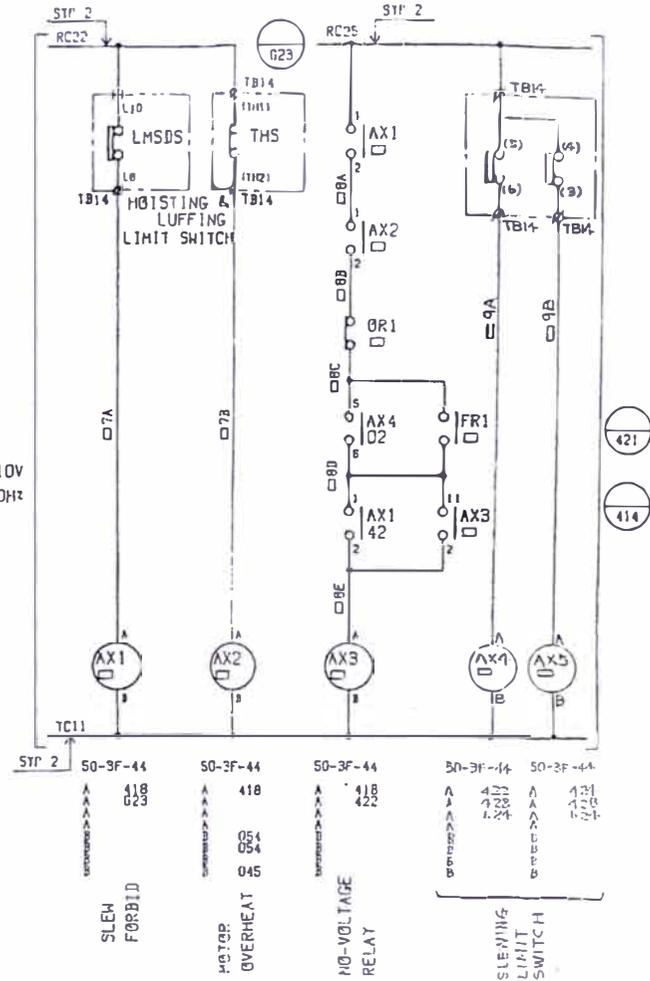
PLANO: 34







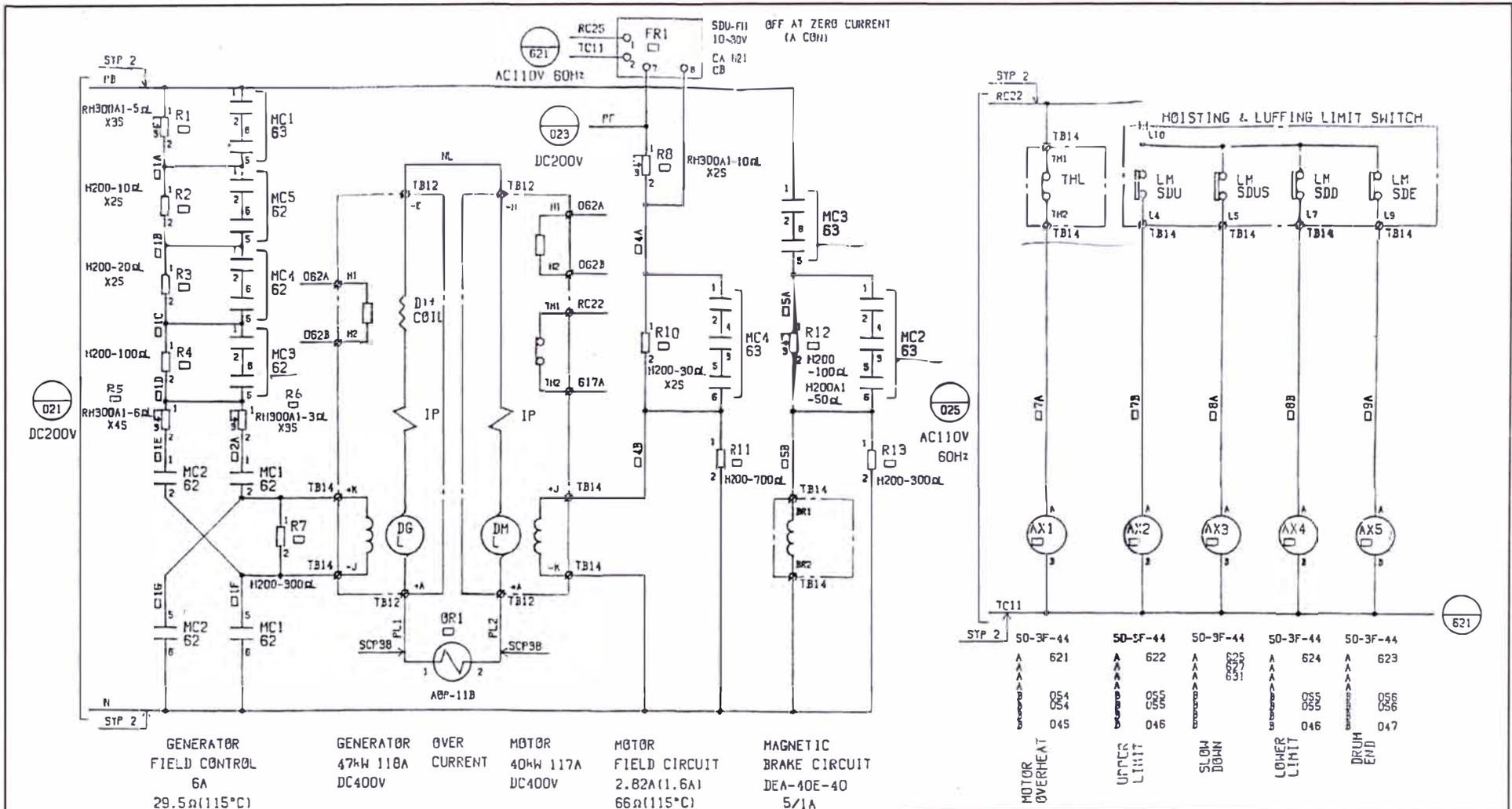
GENERATOR FIELD CONTROL 4.8A 29.5Ω(115°C)	GENERATOR OVER CURRENT 47W 118A DC400V	OVER CURRENT 40W 117A DC400V	MOTOR FIELD CIRCUIT 2.82A(1.6A) 66Ω(115°C)	MOTOR FIELD CIRCUIT 2.82A(1.6A) 66Ω(115°C)	MAGNETIC BRAKE CIRCUIT DEA-10E-32 5/1A
--	--	---------------------------------------	---	---	---



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach: D. Lector Polo	DIAGRAMA DE RONZA	PLANO: 42A
Asesor: Ing. M. Carranza		
FECHA: ENE - 2010		



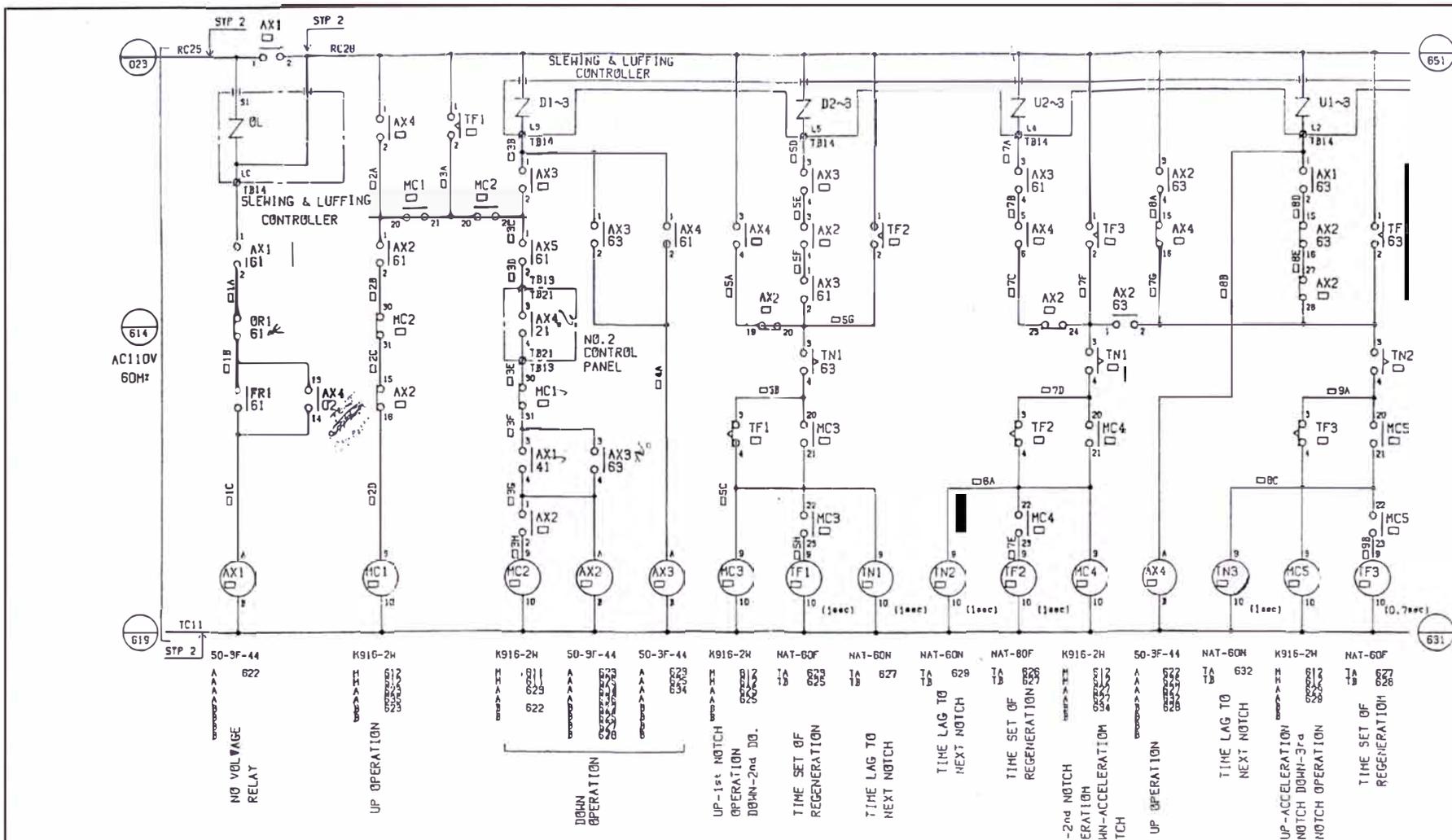


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach: D. Lector Polo  
Asesor Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA DE PLUMA

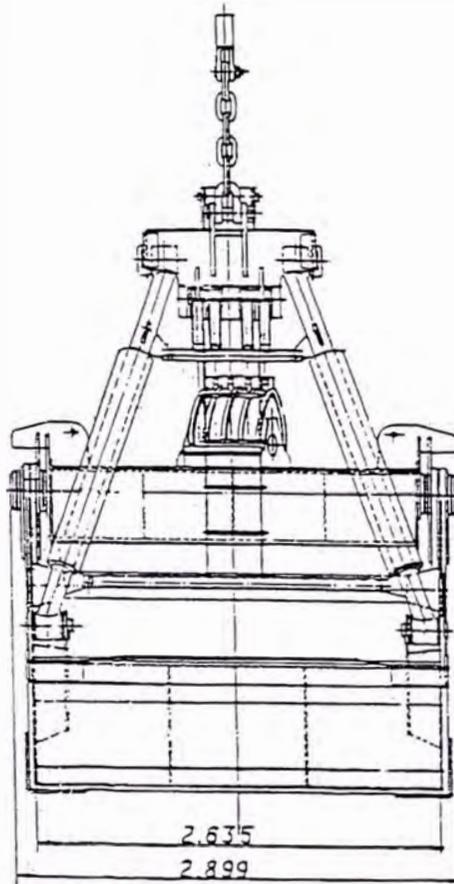
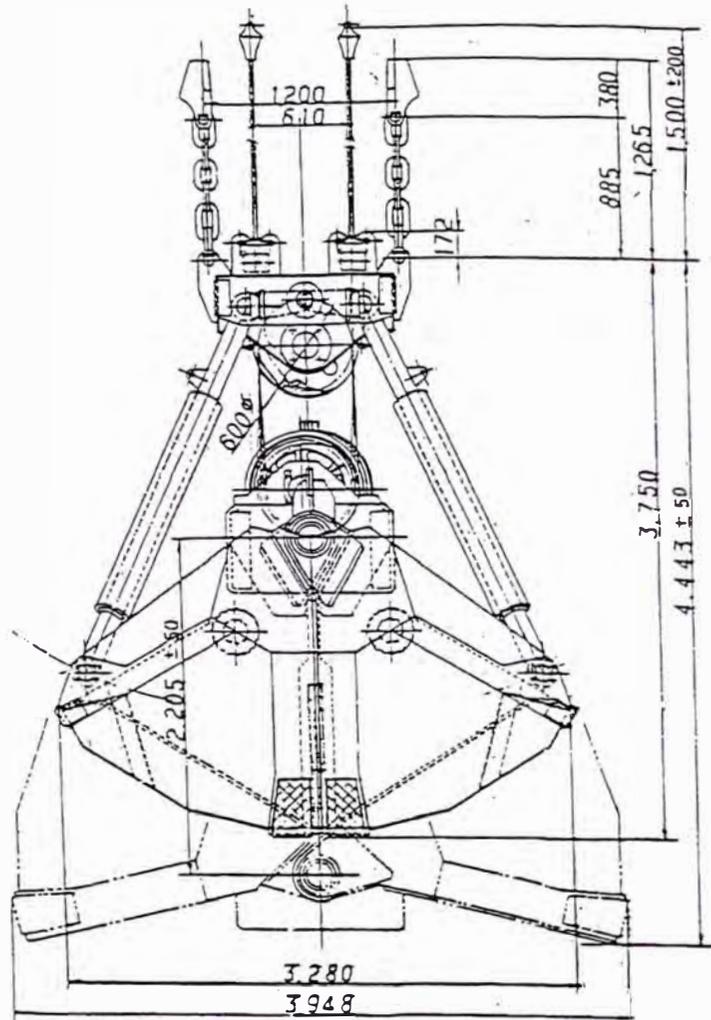
PLANO: 61A



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo	<b>DIAGRAMA DE PLUMA</b>	PLANO: 62A
Asesor Ing. M. Carranza		
FECHA: ENE - 2010		

**ANEXO B**  
**PLANOS ADICIONALES Y FOTOS DE LA GRÚA WARD LEONARD**



SPECIFICATION	
TYPE	CABLES TIPO CUCHARA 9.0 m <sup>3</sup>
MATERIAL TO BE HANDLED	MULTI PURPOSE BULK CARGO
SPECIFIC GRAVITY (t/m <sup>3</sup> )	0.544 — 2.356 t/m <sup>3</sup>
VOLUME (m <sup>3</sup> )	9.0 m <sup>3</sup>
CAPACITY (t)	MAX 15.0 t
WEIGHT OF EMPTY (t)	10.0 t
WIRE ROPE	30 mm (DIA)
PARTS OF CLOSING LINE	2 X 4 LINE
STROKE	2.205 mm ± 50
SHEAVE	P C D 600 mm
WITH INSIDE STAINLESS STEEL COVER	

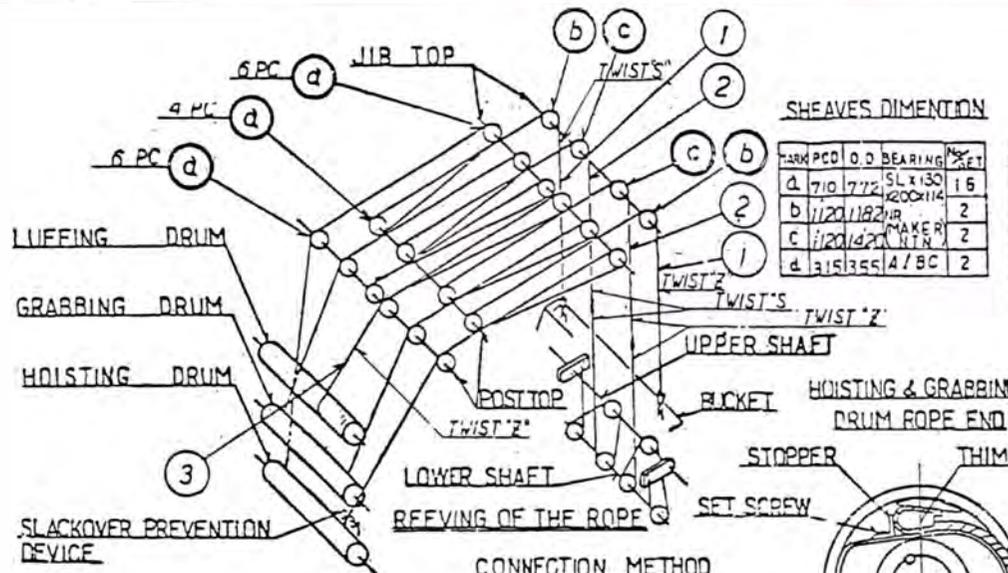


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach. D. Lector Polo  
Asesor Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

DETALLES DE  
CUCHARA 9.0 M<sup>3</sup>

PLANO: 01



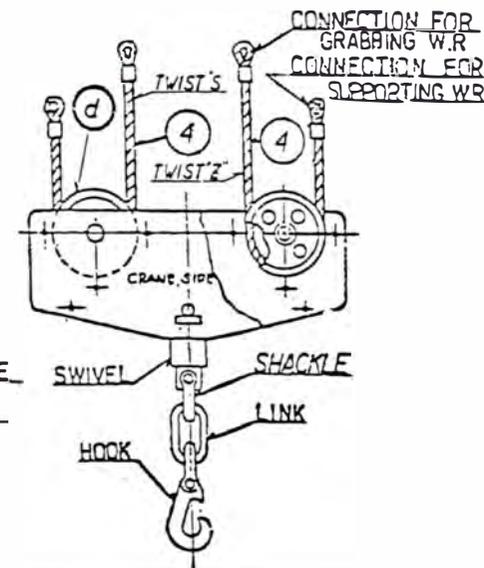
SHEAVES DIMENTION

MARK	PCD	O.D	BEARING	% SET
a	710	1772	5L x 130 K200 x 114	16
b	1120	1182	4R MAKER	2
c	1120	1420	4R WIN	2
d	315	355	4/BC	2

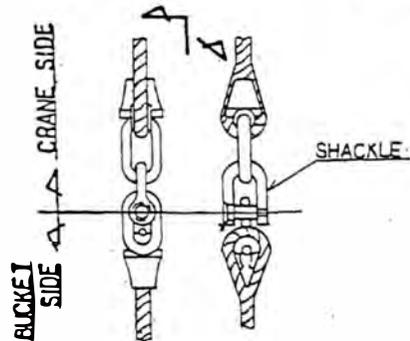
WIRE ROPE DIMENSION

MARK	USAGE	DIA	CONSTRUCTION	LENGTH	TWIST	BRKING LOAD	SKETCH
1	HOISTING	30	6x1129 CLASS B (WITH GALV)	117	M Z	54200	SHEATHING END BOTH SIDE
2	GRABBING CRANE SIDE	30	00	114.5	M Z	54200	ROPE JOINT SHEATHING END
3	LUFFING	30	6x1129 CLASS B (WITH GALV)	122	M Z	54200	LOCK END SHEATHING END
4	LIFTING BEAM	24	1/5 N25 CLASS B (WITH GALV)	311	M Z	33200	LOCK END LOCK END

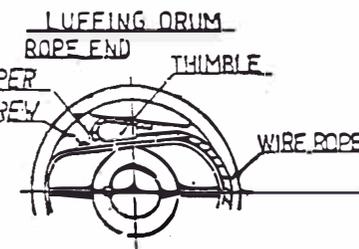
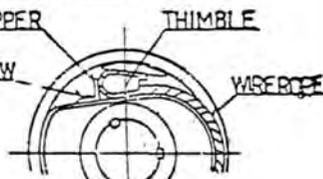
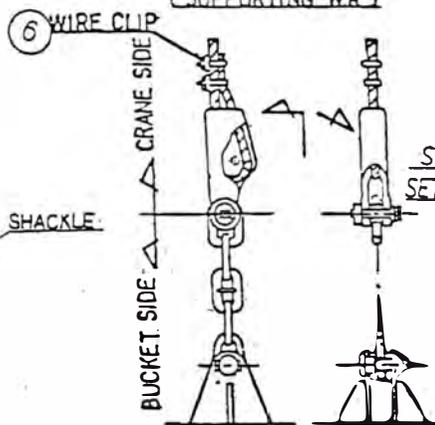
LIFTING BEAM (VIEW FROM CRANE SIDE)



CONNECTION METHOD  
[GRABBING WR]



CONNECTION METHOD  
[SUPPORTING WR]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Bach: D. Lector Polo  
Asesor: Ing. M. Carranza  
FECHA: ENE - 2010

GRÚA DE CUBIERTA  
DETALLE DE CABLES

PLANO: 02



Fotos de la Grúa del presente Informe.[7]

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ivanov Smolenky, “Máquinas Eléctricas”,  
Tomo III, 1ra. Reimp. Rusia, 1988.
2. Agustín Gutierrez Paucar, “Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas”,  
Universidad Nacional de Ingeniería, 1ra. Edic. Lima Enero del 2002.
3. Roberto Ramirez Arcelles, “Apunte de Máquinas Eléctricas”,  
Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, 1986.
4. César Roldán Villasís, “Metodología de Control de Motores DC”,  
Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
5. Mitsubishi Heavy Industries, “Información Grúa”,  
Nagasaki Shipyard, Japón, 1980.
6. Internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_el%C3%A9ctrica)
7. Internet: <http://www.erшип.com/Flota.asp?menu=1&id=3&ag=&s=&m=>