



CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMEDICAS (IIB)

Como se mencionó en el primer capítulo, al analizar los problemas relacionados con la alimentación eléctrica, primero es necesario estudiar los equipos o cargas conectados al sistema, para descartar la posibilidad de que los disturbios sean provocados por los mismos y no provengan de la red de suministro, ya que normalmente son las cargas conectadas las que provocan la mayoría de las distorsiones en la forma de onda de la tensión y/o de la corriente.

El IIB está compuesto por dos edificios, en los cuales se realizan diversas actividades de investigación, por lo que cuenta con un gran número de cargas no lineales, principalmente computadoras; además de tener una cantidad importante de motores, de los cuales la mayoría están destinados al aire acondicionado. El instituto cuenta con tres transformadores principales y tres plantas de emergencia, encargándose los primeros de alimentar toda la carga conectada.

Alimentación eléctrica al IIB.

El Instituto de Investigaciones Biomédicas ubicado en Ciudad Universitaria recibe su alimentación eléctrica de la subestación general 4, SG4¹⁵ de la UNAM, el cual a su vez obtiene la energía por parte de LyFC (en la actualidad CFE) a través de un alimentador preferente y uno emergente en 23 kV, por medio de una red aérea proveniente de la subestación Odón de Buen. La subestación alimenta al instituto con conductores Monterrey, 2000 XLT-1/0AWG, 25 kV que se encuentran en la red de distribución subterránea de CU. Dicho seccionador cuenta con cuatro ruptofusibles, estando compuesto el que corresponde al alimentador del IIB por:

- Cuchilla marca DRIWISA tipo LDTP 200691, Inom 630 A, Vnom 23 kV, I¹⁶ 25 kA, Vmax 25.8 kV, Imom 40 kA, NBI 125 kV, IP 65 kA.
- Fusible marca DRIWISA, modelo DRS20/040-A4, Vmax 25.8 kV, Inom 40 A, I¹⁷ 100 A, I¹ 40 kA.

Este alimentador suministra energía a los tres transformadores principales que conforman al IIB, en los cuales se realizó la medición de los parámetros eléctricos, que son:

¹⁵ El diagrama unifilar se encuentra en el apéndice C.

¹⁶ Máxima intensidad de corriente de corto circuito que el fusible es capaz de interrumpir con seguridad.

¹⁷ Corriente mínima de interrupción, corresponde al límite inferior de la gama de corrientes que el fusible puede interrumpir satisfactoriamente.



Transformador 1.

- Tensión eléctrica: 23,000-440/254 V
- Tipo de sistema: Delta-Estrella.
- Capacidad: 750 kVA

Transformador 2.

- Tensión eléctrica: 23,000-440/254 V
- Tipo de sistema: Delta-Estrella.
- Capacidad: 1000 kVA

Transformador 3.

- Tensión eléctrica: 23,000-220/127 V
- Tipo de sistema: Delta-Estrella (flotante).
- Capacidad: 500 kVA

Como se puede observar, el transformador tres se encuentra conectado con el neutro flotante, lo que es una probable fuente de disturbios, ya que esto puede ocasionar que el circuito eléctrico se cargue electrostáticamente o por inducción y elevar mucho su potencial respecto a tierra.

La finalidad de la puesta a tierra es referenciar o "normalizar" el neutro a tierra, porque de esta forma, ambos son el mismo punto de potencial. Además de la posible flotación de la tensión a causa de la electricidad electrostática o impulso por rayo, el neutro es el punto común respecto a las tres fases y al conectar a tierra para mantener su potencial a 0 V, independientemente de que la carga no se encuentre balanceada, ayuda a producir un cierto equilibrio entre las cargas de las tres fases.

Ya que si no esta conectado a tierra, y las cargas sobre las líneas trifásicas estuviesen muy desequilibradas, las tensiones entre neutro y fase serían muy variables. Por ejemplo, en una fase se puede tener 200, en otra 230 y en otra 280 V. Mientras que si tiene conexión a tierra, la tensión entre fase y neutro serán todas muy similares, independientemente del equilibrio de la carga¹⁸.

El conectar el neutro de un transformador a tierra de igual forma permite detectar las corrientes de falla de fase a tierra. Las conexiones con neutro aislado en los devanados de baja tensión de los transformadores trifásicos no es muy favorecida por las sobretensiones que se presentan al tener dos fallas en dos fases diferentes en el circuito de baja tensión.

¹⁸ Avelino Perez Pedro. Transformadores de distribución. México, Reverté, 1998 p.81



Transformador 1.

El transformador 1 “TR-1”¹⁹ es de tipo pedestal, servicio intemperie, clase 25 kV, 65°C, conexión en anillo, capacidad de 750 kVA, configuración DELTA-ESTRELLA con voltajes de operación de 23000-440/254 V y $z = 5.75\%$.

El transformador está conectado a un gabinete con un interruptor tipo Masterpact de 3X1200 A. De este alimenta al tablero general “TG-1”, que cuenta con interruptor de transferencia de 3X1200 A, con las siguientes características, 3F, 4H, 60 Hz, 440/254 V. El tablero se encuentra respaldado por una planta de emergencia de 440/254V, 3F, 4H, 60Hz, 700 kW continuos y 770 kW emergencia, por lo que el suministro a toda la carga conectada al transformador “TR-1” se encuentra respaldado. Este tablero alimenta a:

- Tablero subgeneral “TSG-1”.
- Centro de control de motores “CCM-1”.
- Transformador trifásico “TR-3A”.

Tablero subgeneral “TSG-1”.

Este tablero es tipo ILINE, marca SQUARE D, cuenta con un interruptor principal de 3X1000 A y de igual forma es de 3F, 4H, 60 Hz, 440 V; el cual alimenta a:

- Centro de control de motores “CCM-2”.
- Transformador trifásico “TR-2A”.

CCM-2.

Este CCM es marca SQUARE D, cuenta con un interruptor principal de 3X300 A, está ubicado en el cuarto de equipo no.1 en azotea y es de 3F, 3H, 440/254 V, 60 Hz. Alimenta eléctricamente a dos UMAs trifásicas de 40 HP, una UMA de 30 HP y a un transformador tipo seco con una capacidad de 75 kVA, 440-220/127 V, el cual suministra energía al centro de control de motores “AAV2” con interruptor principal de 3X150 A ubicado en el mismo cuarto, de 3F, 4H, 220/127 V, 60 Hz y que se utiliza para alimentar el tablero bifásico A5 (casa de máquinas), con una carga de 2167 VA, el tablero bifásico A4 (casa de máquinas), con una carga de 2667 VA, un motor monofásico de ½ HP, ocho motores trifásicos, de los cuales cuatro son de ¾ de HP y los cuatro restantes de 3.0 HP. Finalmente este centro de control de motores alimenta al centro de control de motores “AAV1”.

¹⁹ El diagrama unifilar se encuentran en el apéndice B.



El centro de control de motores “AAV1” tiene un interruptor principal de 3X125 A, 3F, 4H, 220/127 V, 60 Hz y está ubicado en el cuarto de equipo no. 2 en azotea. Este CCM alimenta a veinte motores, uno monofásico de ¼ HP, tres monofásicos de ½ HP once trifásicos de ¾ HP, cuatro trifásicos de 1.5 HP y uno más trifásico de 2HP, estando destinados todos a ventiladores.

Transformador trifásico “TR-2A”.

Este transformador tiene capacidad de 500 kVA, voltajes de operación de 440-220/127 V está conectado en DELTA-ESTRELLA y alimenta al tablero subgeneral “TSG-2” con interruptor principal Masterpact de 3X1600 A con tensiones de 220/127 V a 60 Hz. Este tablero proporciona alimentación a un secador de aspersion de 44.5 kVA, a los tableros A1, A2 y A3 de alumbrado en planta baja, primer nivel y segundo nivel respectivamente, así como a los tableros C1 a C6, los cuales son de receptáculos siendo C1 y C2 de planta baja, C3 y C4 de primer nivel y los últimos dos del segundo nivel. Finalmente el tablero TSG-2 alimenta a un UPS de 50 kVA, el cual hace lo propio con dos tableros regulados que son R2 ubicado en el primer nivel y R3 en el segundo nivel.

Centro de control de motores “CCM-1”.

Este centro de control de motores es marca SQUARE D, tiene un interruptor principal de 3X600A, trabaja a 3F, 4H, 60 Hz, 440 V y está ubicado en el cuarto de bombas de agua helada. El CCM alimenta a tres bombas de agua helada de 15 HP, así como al mismo número de UGAH's de 165411 VA cada una²⁰.

Transformador trifásico “TR-3A”.

Es de tipo seco, 115 °C de temperatura de elevación, marca SQUARE D, 112.5 kVA de capacidad, conexión DELTA-ESTRELLA, 60 Hz y voltajes nominales de 440-220/127 V, estando ubicado en el cuarto de compresores y bomba de vacío. Este transformador está ligado al tablero subgeneral de fuerza “TSG-3” tipo I LINE de 3F, 4H, 60 Hz, 220 V, 60 Hz y está ubicado en el mismo cuarto que el transformador TR3. Dicho tablero alimenta a los tableros de fuerza “H1A” y H2A”, ambos marca SQUARE D, 3F, 4H, 60 Hz, 220 V, así como al tablero de alumbrado y contactos “A6” de 3F, 4H, 60 Hz, 220/127 V, con una carga de 18811 VA, todos ubicados en el mismo cuarto del transformador.

²⁰ De las tres bombas y UGAH's solo funcionan dos de manera simultánea, la otra bomba y UGAH trabajan de manera alterna (en espera).



Tablero de fuerza “H1A”.

La carga de este tablero está constituida por dos equipos de vacío de 10 HP cada uno, dos equipos de aire comprimido²¹ de 7.5 HP y un compresor para el laboratorio de fermentaciones de 30 HP.

Tablero de Fuerza “H2A”.

La carga de este tablero es:

- Caldera 1 de 10 HP.
- Caldera 3 de 1.75 HP.
- Recirculador agua caliente tanque 1 de $\frac{3}{4}$ HP.
- Bomba refuerzo caldera 1 de $\frac{3}{4}$ HP.
- Equipo fluido hidráulico 1 de 10 HP.
- Equipo hidroneumático (3 motores de 7.5 HP) cada uno.
- Equipo contra incendio de 10 HP.
- Bomba torre de enfriamiento de 1 HP.
- Ventilador torre de enfriamiento de 1.5 HP.
- Unidad de refrigeración de 5 HP.
- Solenoide y luz piloto de tanque de condensados de 282 VA.
- Válvula de solenoide de vapor de 282 VA.
- Contacto doble polarizado para suavizador 1 de 238 VA.
- Contacto doble polarizado para dosificador 1 de 140 VA.

Carga total instalada en el transformador “TR-1”.

Para el cálculo de la potencia total instalada se consideró a la capacidad de los UPS's como carga, y no a lo que alimentan, ya que únicamente son tableros muy pequeños que no sobrepasan la capacidad del UPS. En el caso de los transformadores alimentados de TR-1 se consideró la carga final y no la capacidad de los transformadores secundarios, ya que éstos alimentan cerca del 40% de los motores instalados, y las capacidades de los cuales sí llegan a sobrepasar la capacidad del transformador.

La carga instalada la podemos distinguir en tres grupos principales, que son: motores, tableros de alumbrado y contactos de uso normal y finalmente los UPS's. Es conveniente hacer una diferenciación entre motores de aire acondicionado y motores que se destinan a actividades de investigación, ya que estos últimos no pueden detener los procesos a los que están asociados. Del mismo modo es conveniente diferenciar entre tableros de alumbrado y los de receptáculos. Bajo estas consideraciones a continuación se muestra la tabla que resume la magnitud de las diversas cargas instaladas.

²¹ Ambos equipos de vacío, así como los de aire comprimido están conectados al mismo alimentador y en carga crítica trabajan los dos equipos al mismo tiempo.



Carga total instalada 1681.8 kVA, compuesta por:

Concepto	Carga kVA
Motores de aire acondicionado	536.3
Motores de investigación	162.6
Tableros de alumbrado	77.4
Tableros de receptáculos	855.5
UPS	50
Carga total	1681.8

Como se puede apreciar, la carga instalada representa 2.24 veces la capacidad del transformador “TR-1”, ya que en el diseño de la instalación se toman en consideración factores de demanda y de coincidencia para los receptáculos y motores, lo que hace que la carga demandada disminuya y se pueda utilizar un transformador de menor capacidad. Las tablas 3.1 y 3.2 muestran el detalle de las cargas y salidas conectadas a TR-1.

Motores.

USO DEL MOTOR	CANT.	TENSIÓN	POT. POR MOTOR		POT. TOTAL VA	USO
			HP	VA		
Unidad manejadora de aire	2	3F-440 V	40	37300	74600	Aire
Unidad manejadora de aire	1	3F-440 V	30	27975	27975	Aire
Ventilador VE-2	1	1F-127 V	1/4	233	233	Aire
Ventilador VE-1,7,11,21	4	1F-127 V	1/2	466	1865	Aire
Ventilador VE-3,6,7,8,10,13,14,15,17,18,19,19,23,23,24	15	3F-220 V	3/4	699	10491	Aire
Ventilador VE-12,16,20,25	4	3F-220 V	1.5	1399	5595	Aire
Ventilador VE-5	1	3F-220 V	2	1865	1865	Aire
Unidad Condensadora UC-01,02,03,04	4	3F-220 V	3	2798	11190	Aire
Secador de aspersion	1	3F-220 V		44445	44445	Inv.
Bomba de agua helada BAH-1,2,3	2	3F-220 V	15	13988	27975	Aire
Unidad generadora de agua helada UGAH,1,2,3	2	3F-440 V		186088	372176	Aire
Equipo de vacío	2	3F-220 V	10	9325	18650	Inv.
Equipo de aire comprimido	2	3F-220 V	7.5	6994	13988	Inv.
Compresor Lab. Fermentaciones	1	3F-220 V	30	27975	27975	Inv.
Caldera 1	1	3F-220 V	10	9325	9325	Inv.
Caldera 3	1	3F-220 V	1.75	1632	1632	Inv.
Recirculador agua caliente tanque 1	1	3F-220 V	3/4	699	699	Inv.
Bomba refuerzo caldera 1	1	3F-220 V	3/4	699	699	Inv.
Equipo flujo hidráulico 1	1	3F-220 V	10	9325	9325	Inv.
Equipo hidroneumático	3	3F-220 V	7.5	6994	20981	Inv.
Equipo contra incendio	1	3F-220 V	10	9325	9325	Inv.
Bomba torre de enfriamiento	1	3F-220 V	1	933	933	Aire



USO DEL MOTOR	CANT.	TENSIÓN	POT. POR MOTOR		POT. TOTAL VA	USO
			HP	VA		
Ventilador torre enfriamiento	1	3F-220 V	1.5	1399	1399	Aire
Unidad de refrigeración	1	3F-220 V	5	4663	4663	Inv.
Suavizador 1	1	1F-127 V		238	238	Inv.
Dosificador 1	1	1F-127 V		140	140	Inv.
Solenoides y luz piloto	1	1F-127 V		282	282	Inv.
Válvula solenoide vapor	1	1F-127 V		282	282	Inv.
Potencia total en VA					698945	
Potencia investigación en VA					162649	
Potencia aire acondicionado en VA					536296	

Tabla 3.1 Motores alimentados del transformador TR-1 con datos obtenidos de el diagrama unifilar.

Tableros.

NOMBRE	USO	TENSIÓN	POTENCIA	
			W	VA
A1	Alumbrado planta baja	3F-220 V	18130	20144
A2	Alumbrado primer nivel	3F-220 V	15330	17033
A3	Alumbrado segundo nivel	3F-220 V	14930	16589
A4	Alumbrado cuarto de equipo no. 2	2F-220 V	2400	2667
A5	Alumbrado cuarto de equipo no. 1	2F-220 V	1950	2167
A6	Alumbrado cuarto de compresores y bomba de vacío	3F-220 V	16930	18811
C1	Receptáculos planta baja	3F-220 V	138900	154333
C2	Receptáculos planta baja	3F-220 V	145300	161444
C3	Receptáculos primer nivel	3F-220 V	136460	151622
C4	Receptáculos primer nivel	3F-220 V	103750	115278
C5	Receptáculos segundo nivel	3F-220 V	146110	162344
C6	Receptáculos segundo nivel	3F-220 V	99450	110500
Carga total tableros de distribución.			932933	
Carga tableros de receptáculos.			855522	
Carga tableros de alumbrado.			77411	

Tabla 3.2 Tableros alimentados del transformador TR-1 con datos obtenidos del diagrama unifilar.

Cabe mencionar que la elaboración de las tablas fue propia, con datos obtenidos de los diagramas unifilares y corroborados en campo.

Para tener una apreciación más clara de la distribución de la carga conectada, se muestra la siguiente gráfica:

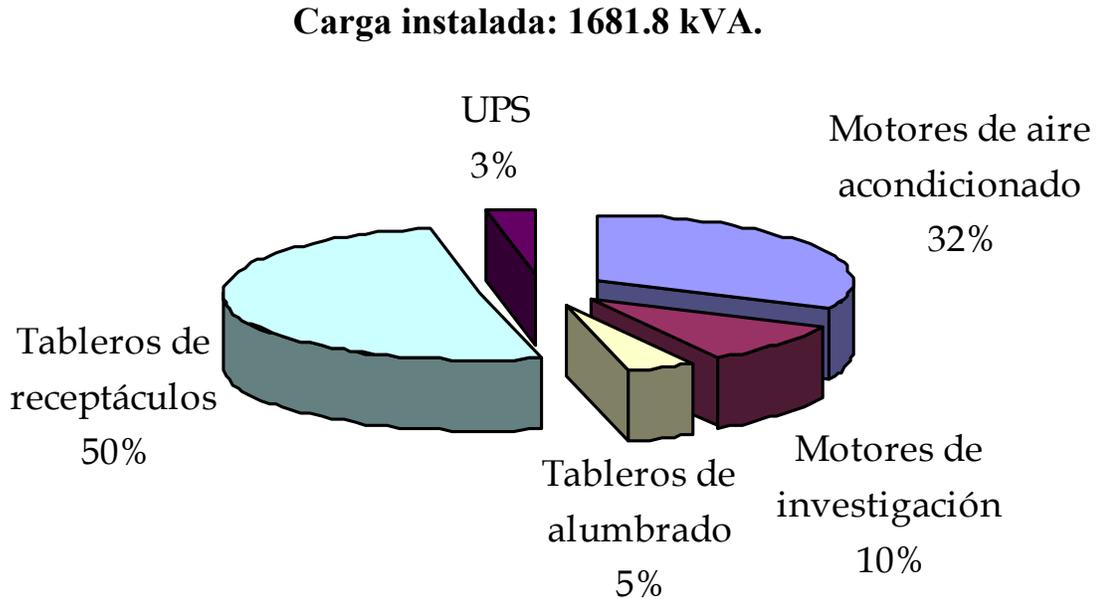


Fig. 3.1 Distribución de la carga instalada en TR-1.

Transformador 2.

El transformador 2 “TR-2”²² es de tipo pedestal, servicio intemperie, clase 25 kV, 65°C, conexión en anillo, capacidad de 1000 kVA, configuración DELTA-ESTRELLA con voltajes de operación de 23000-440/254 V y $z = 5.75\%$.

El transformador está conectado a un gabinete con un interruptor tipo Masterpact de 3X1600 A, del cual se alimenta al tablero general “TG-2”, que cuenta con interruptor de transferencia de 3X1600 A con las siguientes características, 3F, 4H, 440/254 V, 60 Hz. El tablero se encuentra respaldado por una planta de emergencia de 440/254 V, 3F, 4H, 60 Hz, 900 kW continuos y 990 kW emergencia, por lo que el suministro a toda la carga conectada al transformador “TR-2” se encuentra respaldado. Este tablero alimenta a:

- Tablero subgeneral “TSG-1”.
- Centro de control de motores “CCM-1B”.
- Transformador trifásico “TR-3A”.

²² El diagrama unifilar se encuentran en el apéndice B.



Tablero subgeneral “TSG-1”.

Este tablero es marca SQUARE D, cuenta con un interruptor principal de 3X1600 A y de igual forma es de 3F, 4H, 60 Hz, 440 V; el cual alimenta a:

- Centro de control de motores “CCM-2”.
- Transformador trifásico “TE-2”.

CCM-2.

Este CCM es marca SQUARE D, cuenta con un interruptor principal de 3X250 A, está ubicado en el cuarto de equipo no.1 en azotea y es de 3F, 3H, 440/254 V, 60 Hz. Alimenta eléctricamente a dos UMAs trifásicas de 30 HP, una UMA de 40 HP y a un transformador tipo seco con una capacidad de 75 kVA, 440-220/127 V, el cual suministra energía al centro de control de motores “CCM-3” con interruptor principal de 3X175 A ubicado en el mismo cuarto, de 3F, 4H, 220/127 V, 60 Hz y que se utiliza para alimentar el tablero bifásico A5 (casa de máquinas), con una carga de 2167 VA, un motor monofásico de 1/6 HP, seis motores trifásicos, de ¾ de HP, dos motores trifásicos de 1.5 HP y al centro de control de motores “CCM-4”.

El centro de control de motores “CCM-4” tiene un interruptor principal de 3X125 A, 3F, 4H, 220/127 V, 60 Hz y está ubicado en el cuarto de equipo no. 2 en azotea. Este CCM alimenta al tablero de distribución A4 (casa de máquinas) que tienen una carga de 2667 VA y dieciocho motores trifásicos, de los cuales doce tienen una potencia de ¾ HP, tres de 1 HP y tres más de 3 HP, estando destinados todos a ventiladores.

Transformador trifásico “TE-2”.

Este transformador está ubicado en el cuarto de transformador en planta baja, tiene capacidad de 750 kVA, voltajes de operación de 440-220/127 V, está conectado en DELTA-ESTRELLA y alimenta al tablero subgeneral “TSG-2” con interruptor principal Masterpact de 3X2000 A con tensiones de 220/127 V a 60 Hz. Este tablero proporciona alimentación a los tableros A1, A2 y A3 de alumbrado en planta baja, primer nivel y segundo nivel respectivamente, así como a los tableros C1 a C6, los cuales son de receptáculos siendo C1 y C2 de planta baja, C3 y C4 de primer nivel y los últimos dos del segundo nivel. Finalmente el tablero TSG-2 alimenta a un UPS de 75 kVA, el cual hace lo propio con dos tableros regulados que son R2 ubicado en el primer nivel y R3 en el segundo nivel.



Centro de control de motores “CCM-1B”.

Este centro de control de motores es marca SQUARE D, tiene un interruptor principal de 3X600A, trabaja a 3F, 4H, 60 Hz, 440 V y está ubicado en el cuarto de bombas de agua helada. El CCM alimenta a tres bombas de agua helada de 15 HP, así como al mismo número de UGAH's de 165411 VA cada una²³.

Transformador trifásico “TR-3A”.

Es de tipo seco, 115 °C de temperatura de elevación, marca SQUARE D, 75 kVA de capacidad, conexión DELTA-ESTRELLA, 60 Hz y voltajes nominales de 440-220/127 V, estando ubicado en el cuarto de compresores y bomba de vacío. Este transformador está ligado al tablero subgeneral de fuerza “TSG-3” tipo I LINE de 3F, 4H, 60 Hz, 220 V, 60 Hz que está ubicado en el mismo cuarto que el transformador TR-3A. Dicho tablero alimenta a los tableros de fuerza “H1B” y H2B”, ambos marca SQUARE D, 3F, 4H, 60 Hz, 220 V, ubicados en el mismo cuarto del transformador.

Tablero de fuerza “H1B”.

La carga de este tablero está constituida por dos equipos de vacío de 10 HP cada uno y dos equipos de aire comprimido²⁴ de 7.5 HP.

Tablero de Fuerza “H2B”.

La carga de este tablero es:

- Caldera 2 de 10 HP.
- Recirculador agua caliente tanque 2 de ¾ HP.
- Bomba refuerzo caldera 2 de ¾ HP.
- Contacto doble polarizado para suavizador 1 de 238 VA.
- Contacto doble polarizado para dosificador 1 de 140 VA.

Carga total instalada en el transformador “TR-2”.

Para el cálculo de la potencia total instalada se consideró de igual forma la capacidad de los UPS's como carga, y no a lo que alimentan, ya que únicamente son tableros muy pequeños que no sobrepasan la capacidad del UPS. En el caso de los transformadores alimentados de TR-2 se consideró la carga final y no la capacidad de los mismos.

²³ De las tres bombas y UGAH's solo funcionan dos de manera simultánea, la otra bomba y UGAH trabajan de manera alterna (en espera).

²⁴ Ambos equipos de vacío, así como los de aire comprimido están conectados al mismo alimentador y en carga crítica trabajan los dos equipos al mismo tiempo.



Carga total instalada 1691.3 kVA, compuesta por:

Concepto	Carga kVA
Motores de aire acondicionado	520.1
Motores de investigación	43.7
Tableros de alumbrado	58.5
Tableros de receptáculos	994
UPS	75
Carga total	1691.3

En este transformador la carga instalada representa 1.69 veces la capacidad del mismo, lo que puede provocar la presencia de disturbios en el sistema, si no están bien calculados los factores de demanda y de coincidencia al tener una demanda mayor a la capacidad. En las siguientes tablas se detallan las cargas de fuerza, alumbrado y receptáculos conectadas al transformador.

Motores.

USO DEL MOTOR	CANT.	TENSIÓN	POT. POR MOTOR		POT. TOTAL VA	USO
			HP	VA		
Unidad manejadora de aire	2	3F-440 V	30	27975	55950	Aire
Unidad manejadora de aire	1	3F-440 V	40	37300	37300	Aire
Ventilador VE-7	1	1F-127 V	1/6	155	155	Aire
Ventilador VE-9,10,11,12,13,14,16,17, 18,19,20,21,22,23,24,25,26,27	18	3F-220 V	3/4	699	12589	Aire
Ventilador VE-2,4,6	3	3F-220 V	1	933	2798	Aire
Ventilador VE-8,15	2	3F-220 V	1.5	1399	2798	Aire
Ventilador VE-1,3,5	3	3F-220 V	3	2798	8393	Aire
Bomba de agua helada BAH-1,2,3	2	3F-220 V	15	13988	27975	Aire
Unidad generadora de agua helada UGAH,1,2,3	2	3F-440 V		186088	372176	Aire
Equipo de vacío	2	3F-220 V	10	9325	18650	Inv.
Equipo de aire comprimido	2	3F-220 V	7.5	6994	13988	Inv.
Caldera 2	1	3F-220 V	10	9325	9325	Inv.
Recirculador agua caliente tanque 2	1	3F-220 V	3/4	699	699	Inv.
Bomba refuerzo caldera 2	1	3F-220 V	3/4	699	699	Inv.
Suavizador 1	1	1F-127 V		238	238	Inv.
Dosificador 1	1	1F-127 V		140	140	Inv.
Potencia total en VA				563872		
Potencia investigación en VA				43739		
Potencia aire acondicionado en VA				520133		

Tabla 3.3 Motores alimentados del transformador TR-2 con datos obtenidos del diagrama unifilar.



Tableros.

NOMBRE	USO	TENSIÓN	POTENCIA	
			W	VA
A1	Alumbrado planta baja	3F-220 V	19215	21350
A2	Alumbrado primer nivel	3F-220 V	14870	16522
A3	Alumbrado segundo nivel	3F-220 V	14258	15842
A4	Alumbrado cuarto de equipo no. 2	2F-220 V	2400	2667
A5	Alumbrado cuarto de equipo no. 1	2F-220 V	1950	2167
C1	Receptáculos planta baja	3F-220 V	155217	172463
C2	Receptáculos planta baja	3F-220 V	143372	159302
C3	Receptáculos primer nivel	3F-220 V	156434	173816
C4	Receptáculos primer nivel	3F-220 V	155133	172370
C5	Receptáculos segundo nivel	3F-220 V	139023	154470
C6	Receptáculos segundo nivel	3F-220 V	145475	161639
Carga total tableros de distribución.		1052608		
Carga tableros de receptáculos.		994060		
Carga tableros de alumbrado.		58548		

Tabla 3.4 Tableros alimentados del transformador TR-2 con datos obtenidos del diagrama unifilar.

Para tener una apreciación más clara de la distribución de la carga conectada, se muestra la siguiente gráfica:

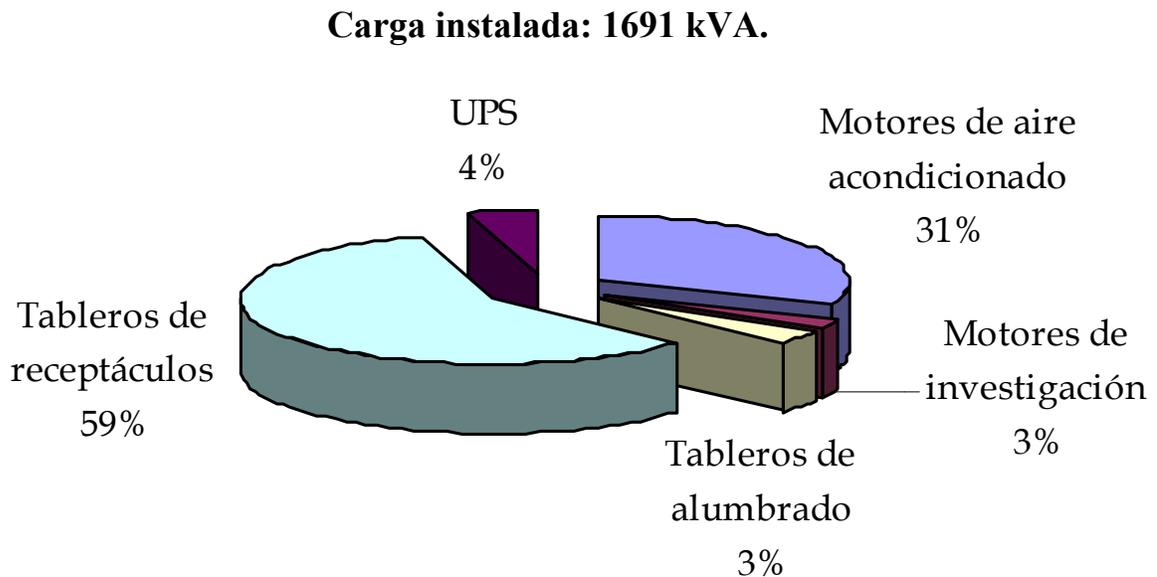


Fig. 3.2 Distribución de la carga instalada en TR-2.



Transformador 3.

El transformador “TR-3”²⁵ es de tipo pedestal, marca PROLEC, conexión en anillo, capacidad de 500 kVA, configuración DELTA-ESTRELLA (flotante) con voltajes de operación de 23000-220/127 V, $z = 3.5\%$ y está ubicado en el local de la subestación eléctrica.

El transformador alimenta al tablero general de distribución “TGDN”, que cuenta con interruptor principal de 3X900 A y tiene las siguientes características, 3F, 4H, 60 Hz, 220/127 V y está ubicado en el mismo local que TR-3. Este tablero alimenta a:

- Tablero subgeneral “TSDGB”.
- Tablero subgeneral “TSGDN”.
- Tablero subgeneral “TDAA”.
- UPS “GR” de 67 kVA.
- UPS “SV” de 20 kVA.
- Cinco motores destinados a UC-1, UMA-1, elevador de edificio A y dos para bombas de sistema de riego.

Tablero subgeneral “TSDGB”.

Este tablero cuenta con un interruptor principal de 3X200 A, es de 3F, 4H, 60 Hz, 220/127 V, está ubicado en el cuarto eléctrico del edificio B, y alimenta a:

- UPS “B” de 6 kVA.
- Dos motores de 5 HP destinados a equipo de bombeo para red hidráulica.
- Un motor de 5 HP para circulador red hidráulica.
- Tres tableros de distribución que son “AEX”, “BA” y “BB”.

Tablero subgeneral “TSDGDN”.

Es de tipo ILINE, con interruptor principal de 3 X 400 A, ubicado en la planta baja del edificio A y de igual forma 3F, 4H, 60 Hz y 220/127 V. Alimenta a once tableros de distribución, de los cuales seis son de alumbrado y cinco de contactos.

²⁵ El diagrama unifilar se encuentran en el apéndice B.



Tablero subgeneral “TDAA”.

Está ubicado en el edificio A, es tipo ILINE, de 3F, 4H, 60 Hz, 220/127 V, con interruptor principal de 3 X 150 A, y alimenta a cuatro unidades de aire acondicionado tipo paquete, cuatro ventiladores de aire acondicionado y a una unidad condensadora acompañada de su mini split.

Carga total instalada en el transformador “TR-3”.

En este caso no se encuentran motores destinados a actividades de investigación, así que la diferenciación será entre motores destinados al aire acondicionado y los destinados a servicios del instituto, como son de elevador, de sistemas de riego y bombeo, etc. De nueva cuenta, para el cálculo de la potencia total instalada se consideró a la capacidad de los UPS's como carga, y no a lo que alimentan, por la misma razón que en los casos anteriores. En este no existen transformadores alimentados de TR-3.

Carga total instalada 376.2 kVA, compuesta por:

Concepto	Carga kVA
Motores de aire acondicionado	60.3
Motores de servicios	22.5
Tableros de alumbrado	86.4
Tableros de receptáculos	114
UPS	93
Carga total	376.2

En este caso la carga instalada se encuentra por debajo de la capacidad del transformador, lo que refleja que dicho transformador está sobredimensionado, motivo por el cual la calidad del suministro a los equipos conectados al mismo debe ser mejor. Las tablas 3.5 y 3.6 detallan la distribución de las cargas conectadas al transformador.

Motores.

USO DEL MOTOR	CANT.	TENSIÓN	POT. POR MOTOR		POT. TOTAL VA	USO
			HP	VA		
Unidad condensadora 1	1	3F-220 V		24500	24500	Aire
Unidad manejadora de aire 1	1	3F-220 V	5	4663	4663	Aire
Elevador edificio A	1	3F-220 V		7125	7125	Servicios
Bombas sistema de riego	2	3F-220 V	3	2798	5595	Servicios
Equipo de bombeo para red hidráulica	2	3F-220 V	5	4663	9325	Servicios
Circulador red hidráulica	1	1F-127 V	1/2	466	466	Servicios



USO DEL MOTOR	CANT.	TENSIÓN	POT. POR MOTOR		POT. TOTAL VA	USO	
			HP	VA			
Unidad de aire acondicionado tipo paquete UP-2,3	2	3F-220 V		6650	13300	Aire	
Unidad de aire acondicionado tipo paquete UP-4	1	1F-220 V		4162	4162	Aire	
Unidad de aire acondicionado tipo paquete UP-5	1	3F-220 V		8125	8125	Aire	
Unidad condensadora y mini split	1	1F-220 V		1785	1785	Aire	
Ventilador VE-1,1	2	3F-220 V	3/4	699	1399	Aire	
Ventilador VE-2	1	3F-220 V	1.5	1399	1399	Aire	
Ventilador VE-2	1	3F-220 V	1	933	933	Aire	
Potencia total en VA	82776						
Potencia servicios en VA	22511						
Potencia aire acondicionado en VA	60265						

Tabla 3.5 Motores alimentados del transformador TR-3 con datos obtenidos del diagram unifilar.

Tableros.

NOMBRE	USO	TENSIÓN	POTENCIA	
			W	VA
SE	Alumbrado en subestación	1F-127 V	2400	2667
AEX	Alumbrado exterior	3F-220 V	24770	27522
BA	Alumbrado y contactos Auditorio y puente	3F-220 V	12645	14050
BB	Alumbrado y contactos área de mantenimiento	3F-220 V	4975	5528
AA	Alumbrado	3F-220 V	9445	10494
CA	Contactos	3F-220 V	23250	25833
AF	Alumbrado	3F-220 V	7350	8167
CB	Contactos	3F-220 V	13200	14667
AB	Alumbrado	3F-220 V	10015	11128
AC	Alumbrado	3F-220 V	8100	9000
CC	Contactos	3F-220 V	16250	18056
AD	Alumbrado	3F-220 V	8790	9767
CD	Contactos	3F-220 V	17500	19444
AE	Alumbrado	3F-220 V	6905	7672
CE	Contactos	3F-220 V	14750	16389
Carga total tableros de distribución.		200383		
Carga tableros de receptáculos.		113967		
Carga tableros de alumbrado.		86417		

Tabla 3.6 Tableros alimentados del transformador TR-3 con datos obtenidos del diagrama unifilar.



UPS.

NOMBRE	CAP kVA	TENSIÓN	ALIMENTA		
			TABLERO	W	VA
UPS-B	6	2F, 3H, 208/120 V	Tablero BR	3150	3500
			Tablero RA	21350	23722
			Tablero RB	10500	11667
			Tablero RC	11550	12833
			Contacto SGR1	1400	1556
UPS-GR	67	3F, 4H, 208/120 V Ligado a TSGDR que alimenta a:	Contacto SGR3	1050	1167
			Contacto SGR5	700	778
			Tablero RD	4200	4667
			Tablero RE	6300	7000
			UPS-SV	20	TSGDR que alimenta a:
Carga total UPS					93

Para tener una apreciación más clara de la distribución de la carga conectada, se muestra la siguiente gráfica:

Carga instalada: 376.2 kVA.

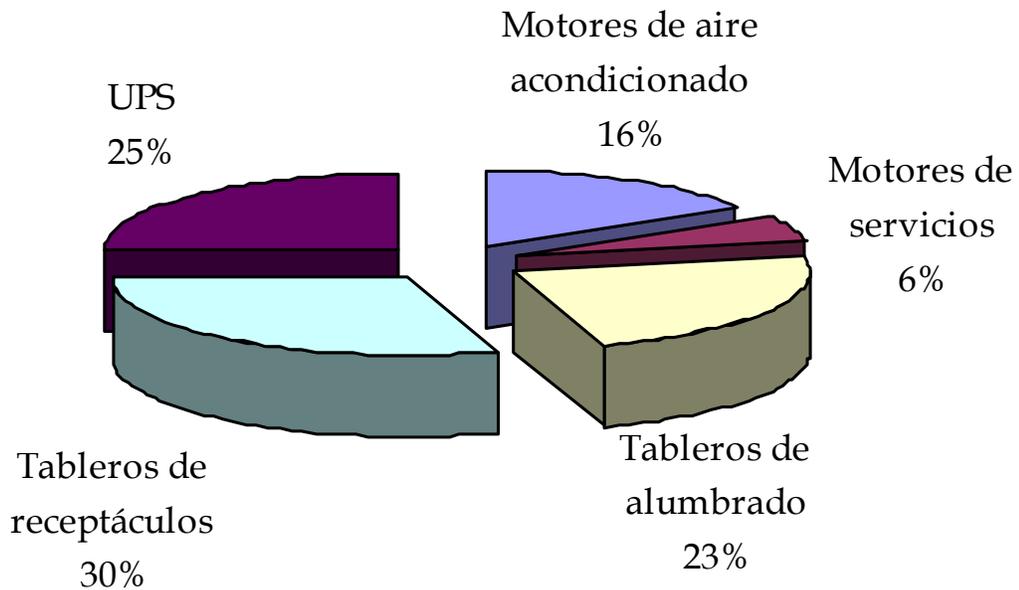


Fig. 3.3 Distribución de la carga instalada en TR-3.



En las figuras 3.1 y 3.2 es posible apreciar que la carga predominante para TR-1 y TR-2 son los tableros de receptáculos, ya que representan un poco más del 50% de la carga instalada, y en segundo lugar encontramos a los motores destinados al aire acondicionado que demandan alrededor del 30% de la carga total. Finalmente los tableros de alumbrado, los motores destinados a actividades de investigación y los UPS representan valores muy pequeños, por debajo del 10%.

Debido a que los receptáculos, después de los primeros 10 kVA tienen un factor de demanda del 50%²⁶, se puede afirmar que la carga predominante serán los motores, pues son ellos quienes presentan la mayor demanda, y por consiguiente pueden ser una fuente importante de disturbios, además de que como se mencionó, para TR-1 y TR-2, al estar rebasada la capacidad del transformador por la carga instalada, si no fueron bien considerados los respectivos factores de demanda y de coincidencia se puede presentar el caso de una demanda superior a la capacidad del transformador, lo que repercutiría en la operación de protecciones y por lo tanto una interrupción en el suministro..

Para el caso del transformador tres se observa una distribución más equitativa de la carga, donde los tableros de receptáculos representan el 30%, los UPS el 25%, los tableros de alumbrado el 23% y los motores el 22%, aunado a que la carga instalada es menor a la capacidad del transformador, en estos equipos deben presentarse menos disturbios.

Es importante mencionar que al estar conectados en anillo los tres transformadores del instituto, y ser alimentados del mismo punto, cualquier disturbio que se presente, ya sea antes o después de cualquiera de los tres transformadores, será transmitido por la red y los tres transformadores “sentirán” las afectaciones del mismo.

²⁶ Según la tabla 220-13 de la NOM-001-SEDE-2005.