

Impact of the Demand Factor on electrical design in a textile company located in San Antonio de Chaclla, Lima, Peru 2024

Ever N. Estrella, Bachiller en Ingeniería Eléctrica de Potencia¹, David J. Fuentes, Master of Business Administration²

^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1510488@utp.edu.pe, c25670@ utp.edu.pe

Abstract– This study proposes a design of an efficient and safe electrical network for a textile company located in San Antonio de Chaclla in Lima -Peru. The importance of this study lies in the need to ensure the determination and optimization of the Demand Factor in the electrical design for a textile industry. The objective is to minimize interruptions and improve operational efficiency and cost savings. The design complies with national and international standards of safety and efficiency. The results highlight the technical and economic benefits of the design, which can serve as a replicable model for other companies in the sector at national and international level. The conclusions underline the importance of correct planning and use of the Demand Factor for a correct electrical design and greater efficiency of the electrical network. Recommendations for future research include exploring a correct application of regulations and recommendations in electrical sizing and its correct application in industrial electrical installations.

Keywords-- Demand factor, electrical design, oversizing, maximum demand, installed power.

Impacto del Factor de Demanda en el diseño eléctrico en una empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla, Lima, Perú 2024.

Ever N. Estrella, Bachiller en Ingeniería Eléctrica de Potencia¹, David J. Fuentes, Master of Business Administration²
^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1510488@utp.edu.pe, c25670@ utp.edu.pe

Resumen– Este estudio propone un diseño de una red eléctrica eficiente y segura para una empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla en Lima -Perú. La importancia de este estudio radica en la necesidad de asegurar la determinación y optimización del Factor de Demanda en el diseño eléctrico para una industria textil. El objetivo es minimizar interrupciones y mejorando la eficiencia operativa y ahorro en costos. El diseño cumple con los estándares nacionales e internacionales de seguridad y eficiencia. Los resultados destacan los beneficios técnicos y económicos del diseño, que puede servir como modelo replicable para otras empresas del sector a nivel nacional e internacional. Las conclusiones subrayan la importancia de la planificación correcta y uso del Factor de demanda para un correcto diseño eléctrico y mayor eficiencia de la red eléctrica. Las recomendaciones para futuras investigaciones incluyen explorar una correcta aplicación de las normativas y recomendaciones en el dimensionamiento eléctrico y su correcta aplicación en instalaciones eléctricas industriales.

Palabras clave: Factor de demanda, diseño eléctrico, sobredimensionamiento, máxima demanda, potencia instalada

I. INTRODUCCIÓN

La industria textil en Perú ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsando la necesidad de infraestructuras más eficientes y seguras. Sin embargo, las empresas del sector enfrentan un desafío recurrente: el sobredimensionamiento de los sistemas eléctricos debido al uso de factores de demanda estándar que no reflejan las condiciones operativas reales. Este problema no solo incrementa los costos de instalación y operación, sino que también puede comprometer la sostenibilidad económica de las empresas.

De acuerdo con el NEC-SB-IE, el Factor de Demanda (FD) es la relación entre la demanda máxima y la carga instalada de un sistema eléctrico. Este parámetro es esencial para el dimensionamiento de redes eléctricas, ya que permite prever la carga máxima que puede soportar la instalación bajo condiciones normales de operación [1]. Sin embargo, como destacan [2][3], un cálculo genérico del FD puede llevar a diseños poco eficientes que no consideran las condiciones reales de uso, resultando en sistemas sobredimensionados que incrementan costos de implementación en la planta.

Diversos estudios han resaltado la importancia de ajustar el FD para evitar sobredimensionamientos y optimizar el consumo energético. Por ejemplo, el trabajo de [4] sobre instalaciones médicas demostró que la medición precisa del consumo actual, junto con la evaluación de los sistemas de

respaldo como las UPS, son elementos críticos para garantizar la seguridad y eficiencia de las instalaciones eléctricas. Asimismo, [5] subrayan que la actualización de los factores de demanda es clave para adaptarse a las nuevas tecnologías y patrones de consumo, evitando impactos negativos en la infraestructura eléctrica. Finalmente, el estudio de [6] demostró cómo un ajuste en el FD permitió reducir la demanda máxima en un 39,5%, generando un ahorro significativo de más de 6.710 USD en instalaciones hoteleras. En conjunto, estos estudios muestran que el uso adecuado del factor de demanda no solo optimiza el diseño de la instalación, sino que también aporta beneficios económicos y operativos, alineando el sistema eléctrico con las demandas reales y las condiciones actuales. Esta evidencia respalda la necesidad de realizar mediciones precisas y actualizar los factores de demanda en el diseño de cualquier instalación eléctrica.

En marzo de 2024, la empresa textil de estudio decidió expandir sus operaciones con la apertura de una nueva fábrica ubicada en San Antonio de Chaclla, Lima, Perú, zona en la que se desarrolla el presente estudio. Actualmente, la empresa cuenta con una sucursal antigua ubicada en la Urb. Canto Grande, en el distrito de San Juan de Lurigancho, que opera con un diseño eléctrico basado con los estándares normativos tradicionales. Este diseño, aunque funcional, ha generado altos costos operativos derivados del sobredimensionamiento de la infraestructura eléctrica, que fueron estimados en aproximadamente S/ 28,000 anuales debido al consumo energético innecesario y a costos asociados al mantenimiento de equipos sobredimensionados.

Con la apertura de la nueva planta, la empresa busca evitar estos sobrecostos implementando un enfoque diferente. Para ello, se contrató a un equipo de especialistas que determinó el Factor de Demanda mediante mediciones reales del consumo energético de los equipos. Este enfoque tuvo como objetivo optimizar el diseño eléctrico, alineándolo con las condiciones reales de operación y reduciendo los costos asociados al uso de energía y a la instalación de equipos innecesariamente grandes, respetando y complementando las disposiciones establecidas en el Código Nacional de Electricidad, sin desmerecer su importancia como marco regulador.

En el contexto de la situación problemática, este estudio se centra en una empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla, Lima, Perú, y busca abordar el problema mediante un enfoque basado en mediciones reales. Ante esta necesidad se planteó problema general de la investigación: ¿Cuál es el

impacto del Factor de Demanda en el diseño eléctrico de la empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla, Lima - Perú?, así mismo los problemas específicos: ¿Cuál es la diferencia entre la máxima demanda medida en campo respecto al valor estimado según los modelos estándar en la empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla? ¿Qué impacto tiene la optimización del Factor de Demanda en los costos operativos y de infraestructura eléctrica de la empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla?

Es así como el presente estudio se plantea como objetivo general: Determinar el impacto del Factor de Demanda en el diseño eléctrico de la empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla. Así mismo se tiene el objetivo específico 1: Determinar la diferencia entre la máxima demandada medida en campo respecto al valor estimado según los modelos estándar en la empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla; como el objetivo específico 2: Determinar el impacto tiene la optimización del Factor de Demanda en los costos operativos y de infraestructura eléctrica de la empresa textil ubicada en San Antonio de Chaclla.

La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para proporcionar una guía práctica en la actualización y aplicación del Factor de Demanda (FD), estableciendo las bases para el diseño de infraestructuras eléctricas más sostenibles y adaptadas a las necesidades reales de las empresas. Esto se logra sin desestimar el valor de las aplicaciones estándar, que, aunque funcionales en ciertos casos, pueden resultar poco eficientes en escenarios específicos. En este contexto, se resalta la importancia del criterio profesional de los especialistas para determinar la solución más adecuada, considerando tanto los beneficios técnicos como económicos para la empresa.

II. METODOLOGÍA

Este estudio es de tipo aplicado, no experimental, cuantitativo y de corte transversal. Se analizan dos variables: el Factor de Demanda (FD) como independiente y el Diseño de Red Eléctrica como dependiente. La población está conformada por 100 máquinas textiles tejedoras de medias en la planta de San Antonio de Chaclla. Se seleccionó una muestra de cuatro máquinas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, consideradas representativas por tener las mismas características técnicas y operativas que el total, asegurando así la validez de los datos obtenidos.

A. Procedimiento de recolección de datos

La investigación utilizó una técnica documental apoyada en la interpretación de datos medidos con una pinza amperimétrica digital de alta precisión, modelo UT219P. Este instrumento, cercano en funciones a un analizador de redes, permitió medir voltaje, corriente, potencias activas y reactivas, factor de potencia y distorsión armónica total, registrando datos de manera continua mediante el aplicativo UNI-T Smart

Measure vía Bluetooth el cual se puede descargar de Play Store. Gracias a su certificado de calibración actualizado, el equipo garantizó la confiabilidad de las mediciones, demostrando ser una alternativa precisa y eficiente frente a instrumentos más costosos en este tipo de análisis [15].

B. Análisis e interpretación de resultados.

Una vez obtenidos los datos con la pinza amperimétrica avanzad se descargaron en formato Excel desde la aplicación móvil asociada al instrumento. Este archivo contenía registros minutos a minuto de parámetros clave como voltaje (ACV), corriente (ACA), potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S) y factor de potencia (PF) durante una semana completa de operación típica de la empresa.

Depuración de datos: para identificar y eliminar posibles errores o valores atípicos que pudieran distorsionar el análisis, como lecturas anómalas debidas a interrupciones en la conexión del equipo o fluctuaciones no representativas.

Organización de datos: en intervalos de tiempo de 15 minutos, alineándolos con los estándares de evaluación de demanda establecidos por el Código Nacional de Electricidad. Esto permitió un análisis más claro y comparable con las normativas.

Cálculo del Factor de Demanda: Se utilizó la fórmula de Demanda Máxima Registrada / Potencia instalada, donde la demanda máxima fue extraída directamente de las mediciones realizadas, mientras que la potencia instalada se obtuvo del inventario técnico de las máquinas. Este cálculo se replicó para distintos momentos del día y condiciones operativas, como horas pico y periodos de menor actividad, para identificar posibles variaciones.

Análisis estadístico: de la media, desviación estándar y análisis de picos de demanda para evaluar la consistencia de los resultados y validar las diferencias observadas entre los valores de modelos estándar y las mediciones reales.

Comparación con normativas: Los valores obtenidos fueron contrastados con los factores de demanda estipulados por las normativas nacionales. Este análisis permitió identificar una discrepancia significativa entre el FD real medido y el recomendado por la normativa.

Evaluación económica: A partir de los resultados del análisis eléctrico, se realizó una estimación del impacto económico asociado al sobredimensionamiento basado en modelos estándar.

Respecto a las limitaciones del estudio. aunque los resultados son representativos del ciclo operativo típico, este estudio presenta algunas limitaciones. Las mediciones se realizaron durante una semana, lo que podría no reflejar variaciones

estacionales. Además, se trabajó con una muestra de cuatro máquinas, lo que, pese a su representatividad técnica, podría restringir la generalización de los hallazgos. Finalmente, aunque se utilizó una pinza amperimétrica avanzada y calibrada, su precisión es inferior a la de un analizador de redes para ciertos parámetros acumulativos.

Este estudio presenta implicancias prácticas, teóricas y metodológicas relevantes. Prácticamente, demuestra que las mediciones reales permiten optimizar el Factor de Demanda y reducir costos operativos al evitar sobredimensionamientos. Teóricamente, resalta la necesidad de evaluar y ajustar, cuando sea necesario, las normativas como el Código Nacional de Electricidad para adaptarlas a condiciones reales. Metodológicamente, evidencia que el uso de instrumentos como la pinza amperimétrica digital con aplicaciones móviles facilita un monitoreo eficiente, ofreciendo un modelo replicable para futuras investigaciones industriales.

II. DISEÑO

Según el Artículo 7 sobre la Evaluación de la Demanda, todo proyecto debe incluir un análisis exhaustivo tanto de la potencia instalada como de la máxima demanda de potencia que requerirá la instalación proyectada. La evaluación de la demanda puede realizarse a través de los métodos indicados en el Norma Técnica EM.010 Instalaciones eléctricas Interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones. Estos métodos consideran los factores de demanda y simultaneidad, ya sea tomando como base la totalidad de las cargas instaladas o bien aplicando factores de corrección en función del uso de las cargas. El proyectista debe justificar y asumir el factor de simultaneidad utilizado [7].

A. Ubicación de la planta

La investigación se llevó a cabo en una planta textil ubicada en San Antonio de Chaclla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima, Perú. Esta planta, cuyas coordenadas geográficas son -11.9240805, -76.9537461, abarca una superficie de 2000 metros cuadrados y está dividida en varias áreas internas, cada una con funciones específicas: producción, almacenamiento de materia prima, almacenamiento de productos terminados (ubicado en la segunda planta), áreas administrativas y un área de planchado.

El enfoque del estudio se centró exclusivamente en el área de producción, situada en la planta baja de la instalación. Esta sección alberga 100 máquinas automáticas como se muestra en la Fig.1, que constituyen el núcleo operativo de la planta. Estas máquinas, diseñadas para operar con mínima intervención humana, son supervisadas por un equipo reducido de 3 a 4 personas, lo que subraya la alta automatización y eficiencia del proceso productivo.

El propósito de centrar el diseño en esta área particular es optimizar el Factor de Demanda para mejorar la eficiencia energética del proceso productivo, asegurando que el diseño

eléctrico de la planta sea capaz de soportar las cargas demandadas sin comprometer la seguridad ni la continuidad operativa. Las mediciones realizadas en esta sección proporcionarán los datos necesarios para calcular un Factor de Demanda realista y preciso, que refleje las condiciones operativas diarias de la planta.

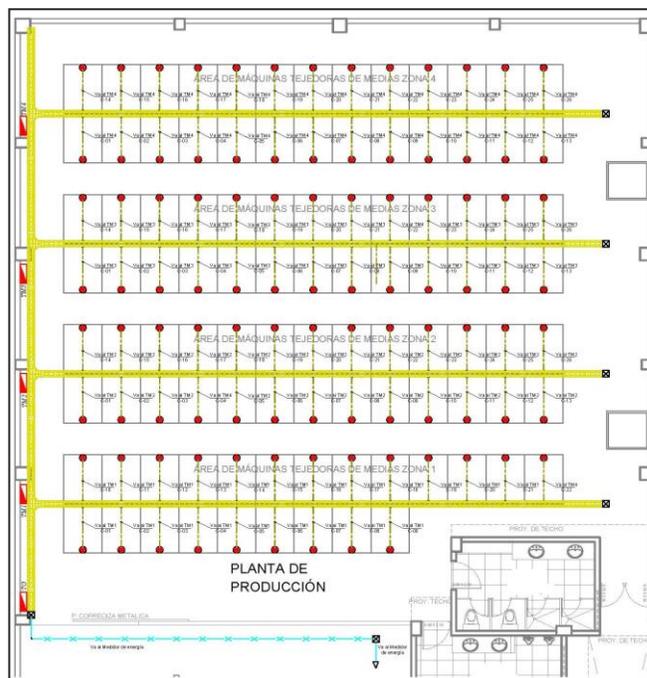


Fig. 1.- Plano de distribución de las máquinas tejedoras en la Planta. Enlace de descarga.

B. Medición del Consumo de Energía

B.1 Selección de Equipos y Componentes:

La selección de los equipos para este estudio se basó en criterios como costo, confiabilidad de la marca y cumplimiento de normativas vigentes. Se eligió la Pinza amperimétrica digital de potencia CA UNI-T modelo UT219P, homologada y equipada con certificado de calibración actualizado, garantizando mediciones precisas y representativas de las condiciones reales de operación [8]. Esta elección asegura la compatibilidad de los datos obtenidos con los estándares regulatorios.

B.2 Uso del Aplicativo UNI-T Smart Measure:

Para realizar las mediciones del consumo de energía, se utilizó una Pinza amperimétrica digital de potencia CA UT219P vinculada al aplicativo móvil UNI-T Smart Measure. Este instrumento permite voltaje (ACV), corriente (ACA), potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S) y factor de potencia (PF) cada minuto de manera continua sin interrumpir el funcionamiento de los equipos, una ventaja clave en entornos industriales. El aplicativo, instalado en un

dispositivo móvil y conectado vía Bluetooth, facilita la monitorización en tiempo real y el almacenamiento automático de datos en formato Excel, optimizando su posterior análisis de manera organizada y eficiente.

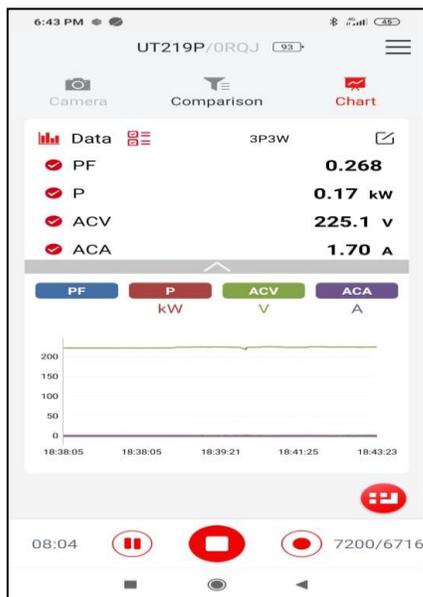


Fig. 2.- Interfaz del aplicativo UNIT-T Smart Measure:

B.3 Tiempo de Medición:

La medición se realizó de manera continua durante 24 horas al día a lo largo de una semana, registrando valores de cuatro máquinas tejedoras de medias ubicadas en el área de producción. Basándonos en las recomendaciones de la Guía Técnica de Instalaciones Eléctricas de Schneider Electric se verificó que las máquinas estuvieran en óptimas condiciones para evitar lecturas erróneas [9]. La Pinza amperimétrica digital de potencia CA, configurada previamente tal como se muestra en la Fig. 3 y Fig. 4, capturó los picos de demanda y las fluctuaciones normales, mientras los datos fueron registrados automáticamente a través del aplicativo UNI-T Smart Measure, asegurando mediciones precisas y sin interrupciones bajo condiciones operativas normales.

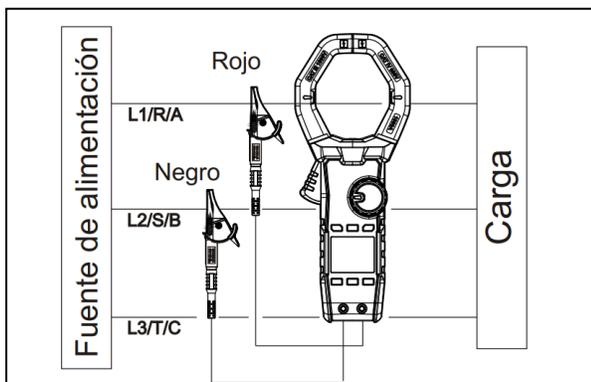


Fig. 3.- Modelo esquemático de conexión de la pinza amperimétrica al suministro de las máquinas tejedoras

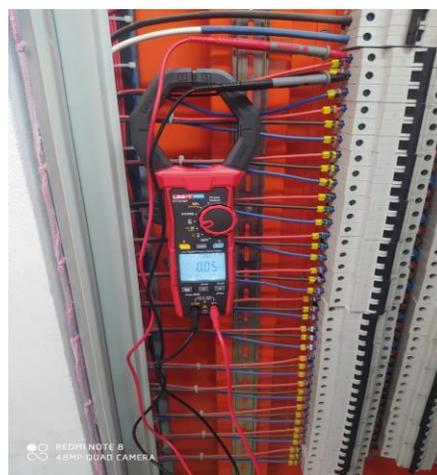


Fig. 4.- Conexión de pinza amperimétrica al suministro de energía de las máquinas tejedoras

B.4 Cálculo del Factor de Demanda

Para diseñar una instalación eléctrica, es esencial demostrar la demanda de potencia requerida por el sistema. Esto implica identificar la mayor cantidad de potencia consumida en la instalación durante un período específico, medido en intervalos de 15, 30 o 60 minutos, dentro del ciclo de facturación. En numerosas instalaciones, no todos los equipos operan simultáneamente a su capacidad nominal, por lo que el factor de demanda, calculado como la relación entre la demanda máxima registrada y la carga total conectada al sistema, es útil para lograr un dimensionamiento más preciso de la instalación. Este factor se aplica individualmente a cada carga [10].

$$\text{Factor de demanda} = \frac{\text{Máxima demanda}}{\text{Potencia instalada}} \quad (1)$$

La tabla I presentada muestra un resumen de los valores medidos de corriente (A), tensión (V), potencia (KW), y factor de potencia (F.P.) de las máquinas tejedoras, con los valores mínimo, medio y máximo registrados durante el periodo de medición. Cabe resaltar que estos valores fueron obtenidos de la base de datos que permite descargar el aplicativo UN-T Smart Measure y tabulados con Excel.

Corriente (A): La corriente mínima registrada fue de 0.39 A, con un valor medio de 0.89 A y un máximo de 1.23 A.

Tensión (V): La tensión fluctuó entre un mínimo de 219 V y un máximo de 230.10 V, con un valor medio de 225.15 V.

Potencia (KW): La potencia mínima medida fue de 0.01 KW, con un valor medio de 0.13 KW y un máximo de 0.32 KW.

Factor de Potencia (F.P.): El factor de potencia varió significativamente, desde un mínimo de 0.02, con un valor medio de 0.38, hasta alcanzar un máximo de 1.00

TABLA I
VALORES REGISTRADOS EN EL PROCESO DE MEDICIÓN

UNIDADES	VALORES	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (KW)	F. P.
Máquina 1	Mínimo	0.39	219.00	0.01	0.02
	Medio	0.89	225.15	0.13	0.38
	Máximo	1.23	230.10	0.32	1.00
Máquina 2	Mínimo	0.41	221.30	0.02	0.02
	Medio	0.87	224.90	0.12	0.38
	Máximo	1.20	229.70	0.31	0.99
Máquina 3	Mínimo	0.40	220.50	0.01	0.02
	Medio	0.88	225.80	0.14	0.37
	Máximo	1.22	230.30	0.32	1.00
Máquina 4	Mínimo	0.38	218.80	0.01	0.02
	Medio	0.86	223.50	0.11	0.38
	Máximo	1.25	231.20	0.30	1.00

Luego de realizar las mediciones se llevaron a cabo pruebas estadísticas en el software Spss v.29 para analizar las medias, distribución y comportamiento de los datos recopilados. Estas pruebas, como el histograma y la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, permitieron identificar patrones de consumo, evaluar la representatividad de los datos y asegurar que el análisis del Factor de Demanda se fundamentara en información precisa y relevante para el diseño eléctrico. Previamente se uniformizó la cantidad de datos recolectados para tener una distribución más uniforme de los datos.

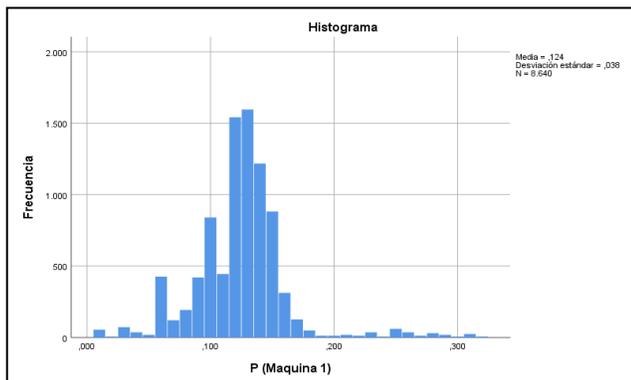


Fig. 5 Histograma de los valores obtenidos de la Potencia Activa en la máquina 1

TABLA II
PRUEBAS DE NORMALIDAD DE LA POTENCIA ACTIVA

Máquinas	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
P (Máquina 1)	.158	8640	.000
P (Máquina 2)	.154	8640	.000
P (Máquina 3)	.154	8640	.000
P (Máquina 4)	.150	8640	.000

A partir de los resultados presentados en el histograma y la prueba de normalidad (tabla II) para los datos de potencia activa (P), se pueden inferir que: El histograma de la Fig. 5, muestra que la distribución de los valores de potencia activa se

concentra en un rango específico cercano a la media de 0.12 kW, con una desviación estándar de 0.038 kW, es decir mayoría de los valores registrados están agrupados alrededor de la media, lo que refuerza la precisión y la representatividad de las mediciones realizadas. Además, La prueba de normalidad arroja un valor de significancia (Sig.) de 0.000, lo cual indica que la distribución de los datos de potencia activa no sigue una distribución normal. Esto sugiere que podrían estar presentes patrones específicos en los consumos que deben ser considerados en el análisis, como picos de demanda o variaciones no lineales en el tiempo. Debido a la ausencia de normalidad en los datos sugiere que el cálculo del Factor de Demanda debe basarse en un análisis detallado de los picos y la variabilidad en los consumos, en lugar de asumir una distribución uniforme o normalizada. Esto refuerza la importancia de utilizar datos reales y métodos personalizados para demostrar el FD, en lugar de depender únicamente de valores por modelos estándar.

Para el cálculo del Factor de Demanda (FD) se utiliza la ecuación (1), tomándolos datos de la tabla I. La Potencia instalada del equipo que fue 2.4 kW y la Máxima demanda registrada en la máquina 1 que fue 0.32 KW

$$FD = \frac{\text{Máxima demanda}}{\text{Potencia instalada}} \times 100$$

$$FD = \frac{0.32 \text{ KW}}{2.4 \text{ KW}} \times 100 = 13.33\%$$

Así mismo repetimos el proceso para los casos de la máquina 2, 3, 4 obteniendo los valores de Factor de Demanda individual y el promedio de las cuatro máquinas.

TABLA III
RESULTADOS DEL FD ESTIMADO PARA LA MUESTRA

Unidades	Factor de Demanda (FD)
Máquina 1	13.33%
Máquina 2	12.91%
Máquina 3	13.33%
Máquina 4	12.50%
Promedio	13.02%

Aplicando factor de seguridad de un 125 % en el cálculo de disyuntores o breakers está relacionado con la protección de cargas continuas, es decir, cargas que funcionan a su máxima capacidad durante al menos 3 horas seguidas. Según las normativas como el NEC/NFPA70, cuando un circuito alimenta cargas continuas, es necesario sobredimensionar la protección, para evitar que el sistema funcione al límite de su capacidad por largos periodos, lo que podría sobrecalentar los conductores y afectar la vida útil del equipo. Es así que obtenemos un FD asegurado al cual denominamos FD_m [11].

$$FD_m = (FD \times 1.25)$$

$$FD_m = 0.133 \times 1.25$$

$$FD_m = 16.625\% = 17\%$$

En el caso de las máquinas tejedoras, elementos centrales de este estudio, se observa que el Factor de Demanda (FD) para este tipo de maquinaria no está explícitamente considerado en el Código Nacional de Electricidad (CNE), a diferencia de otras cargas comunes como tomacorrientes, iluminación o equipos típicos en proyectos convencionales. Esto se debe a que estas máquinas constituyen sistemas integrados que combinan múltiples motores pequeños junto con componentes eléctricos y electrónicos. Este diseño las posiciona como un "microsistema" dentro de un sistema mayor, lo que dificulta la aplicación directa de un FD normativo establecido.

Ante esta ausencia de regulación específica, se cumple con las normativas vigentes estableciendo que, cuando el código no define parámetros específicos para cargas importadas o sistemas integrados, es válido recurrir a normas internacionales reconocidas y complementarlas con mediciones reales de campo. Estas mediciones permiten determinar un FD real, adaptado a las características operativas de estas máquinas, garantizando así un diseño eléctrico eficiente y técnicamente adecuado.

El análisis realizado considera que estas máquinas, al contar con servomotores integrados y sistemas de automatización avanzados, no generan picos de corriente significativos durante el arranque. Los servomotores gestionan de manera eficiente la energía requerida en el inicio de operación, eliminando los picos típicos de arranque que se observan en motores convencionales. Sin embargo, en un sistema eléctrico global, es necesario garantizar que la potencia contratada contemple cualquier posible demanda adicional, asegurando un suministro estable y evitando interrupciones operativas.

A continuación, en la tabla IV se muestran las cargas del tablero general eléctrico de la Planta con su respectivo Factor de Demanda acorde con la normativa y las mediciones en campo.

TABLA IV
CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO ELÉCTRICO GENERAL

Descripción		P.I. (KW)	F.D. (%)	M.D. (KW)
A	Alumbrado y Tomacorriente			
1.0	Tomacorrientes de Servicio 77 Unid. x 180W c/u. (F.D. según C.N.E.Tomo V - Tabla 3-V)	13.86	70%	9.70
2.0	Equipo De Iluminación Led Hermético 134 Unid. x 50W c/u. (F.D. según C.N.E.Tomo V - Tabla 3-V)	6.7	100%	6.7
3.0	Equipo de Iluminación Led Panel 30 Unid. x 30W c/u. (F.D. según C.N.E.Tomo V - Tabla 3-V)	0.9	100%	0.9
4.0	Reflectores LED 02 Unid. x 100W c/u. (F.D. según C.N.E.Tomo V - Tabla 3-V)	0.2	100%	0.2
5.0	Luces de emergencia 33 Unid. x 6.4W c/u. (F.D. según C.N.E.Tomo V - Tabla 3-V)	0.192	100%	0.192
B	Fuerza			

Aplicación de las Tarifas a Usuario Final - Cap. Quinto -Art. 20(20.1)				
1.0	Máquina Tejedora de Medias 100 Unid. x 2400W c/u	240.00	17%	40.80
2.0	Turbinas 04 Unid. x 7500W c/u	30.00	70%	21
3.0	Compresoras 04 Unid. x 7500W c/u	30.00	70%	21.0
4.0	Máquinas Secadoras 04 Unid. x 500W c/u	2.00	70%	1.4
5.0	Planchadoras De Medias 80 Unid. x 500W c/u	20.00	60%	12
6.0	Bomba de Agua 2hp 1500W	1.50	100%	1.5
7.0	Máquinas Cerradora De Puntas 10 Unid. x 600W c/u	6.00	60%	3.60
8.0	Ducha Eléctrica 5500W	5.50	100%	5.5
9.0	Otras Cargas Eléctricas (DVR, ACI Y Data Center) 3000W	3.00	100%	3
Total de Circuitos de Alumbrado, Tomacorrientes y Circuito de Fuerza		359.9		127.5

B.5 Análisis de los resultados obtenidos

Según la Norma de Osinergmin, en su capítulo sobre Opciones tarifarias y las Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final, la potencia conectada para usuarios en baja tensión (BT) puede determinarse mediante la medición de la demanda máxima, utilizando instrumentos adecuados o estimaciones basadas en procedimientos definidos. La normativa establece que a la potencia instalada en el alumbrado se debe sumar la potencia de los motores y demás equipos eléctricos conectados.

En el caso de que existan cinco o más motores, artefactos o equipos conectados, la potencia máxima estimada se calcula como el 60% de la carga conectada. Esto permite optimizar el dimensionamiento de la potencia en función de la cantidad de equipos conectados, favoreciendo una mejor estimación de la demanda energética [12]. La tabla V muestra una comparación de los resultados obtenidos uno basado en la aplicación de modelos estándar y otro en las observaciones realizadas en campo. A continuación, se realiza un análisis comparativo entre ambos, particularmente en el Factor de Demanda y la Máxima Demanda.

TABLA V
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA NORMATIVA

Equipo	Según Modelos estándar			Observación en campo		
	P.I. (kW)	F.D. (%)	M.D. (kW)	P.I. (kW)	F.D. (%)	M.D. (kW)
Máquinas tejedoras de medias 100 Unid. x 2400W c/u	240	60%	144	240	17%	40.8

La potencia instalada es de 240 kW, de acuerdo con las especificaciones técnicas de la maquina tejedoras de medias tanto para el cálculo basado en los modelos estándar, como para las observaciones en campo.

El Factor de Demanda (F.D) según modelos estándar es del 60%, lo que resulta en una potencia demandada teórica de 144 kW, por otro lado, de acuerdo con la observación en campo y factor de seguridad es considerablemente más bajo, solo del 17%, lo que reduce la potencia demandada a 40.08 kW. Ésta gran diferencia en el Factor de Demanda indica que, en la práctica, los equipos no están operando simultáneamente a su máxima capacidad o que la carga real es mucho menor que la anticipada por los modelos estándar. Esto puede ser el resultado de la alta automatización y eficiencia de las máquinas tejedoras de medias, que no requieren operar constantemente a su máxima

B.6 Estimación de la máxima demanda a contratar (M_{Dc})

No todas las cargas operan de manera simultánea, por lo que factor de simultaneidad se asigna a cada grupo de cargas con el objetivo de estimar de manera más precisa la demanda máxima total del sistema. La responsabilidad de determinar estos factores recae en el diseñador [10]. Para optimizar el diseño eléctrico de la planta, se procede a estimar la demanda simultánea considerando que el 70% de la máxima demanda estimada según normativa y según la observación en campo se utiliza de manera simultánea. Este cálculo permite ajustar mejor el dimensionamiento del sistema eléctrico, alineándolo con las condiciones operativas reales observadas en la planta [13].

$$M_{Dc} = \text{Máxima demanda} \times \text{Factor de Simultaneidad} \quad (3)$$

$$M_{Dc}(\text{normativa}) = (230.7 \text{ kW} \times 0.7)$$

$$M_{Dc}(\text{normativa}) = (161.49 \text{ kW})$$

$$M_{Dc}(\text{campo}) = (127.5 \text{ kW} \times 0.7)$$

$$M_{Dc}(\text{campo}) = 89.25 \text{ kW}$$

A continuación, se muestra en la tabla VI un cuadro comparativo de los resultados de la Máxima demanda a contratar.

TABLA VI
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS INCLUIENDO EL FACTOR DE SIMULTANEIDAD

Descripción	Según Modelos estándar			Observado en Campo		
	MD (kW)	F.S(%)	M.Dc (kW)	MD (kW)	F.S(%)	M.Dc (kW)
Total, de circuitos de alumbrado, tomacorriente y fuerza.	230.7	70%	161.49	127.5	70%	89.25

La comparación entre los valores de modelos estándar y las observaciones en campo revela una diferencia significativa en la potencia de demanda a solicitar a ENEL. Según los modelos estándar, la potencia máxima demandada (M.D.) ajustada al 70% es de 161.49 kW, mientras que la estimación basada en datos de campo muestra una demanda simultánea ajustada de solo 89.25 kW.

C. Impacto en el diseño de la Red

Bajo las estimaciones de máxima demanda siguiendo los modelos estándar y los resultados tomados en campo a continuación de muestra las diferencias entre características técnicas y costos en la infraestructura de la red.

TABLA VII
DIFERENCIAS TÉCNICAS EN EL TABLERO GENERAL

Consideraciones Técnicas	Tablero General (Bajo Modelos Estándar)	Tablero General (Datos Bajo Estudio de Campo)	
Potencia contratada (KW)	161.00	89.00	
I. nominal (A)	471.4	260.5	
I. diseño (A)	589.3	325.7	
Longitud (mts)	35	35	
Sección elegida (mm ²)	300	120	
Caída tensión < 1.5%	(V)	2.08	2.88
	(%)	0.95%	1.31%
Interruptor Termomagnético	3x252-630 A Regulable	3x252-630 A Regulable	
Conductor alimentador – Cable (mm ²)	3 - 1x300mm ² N2XOH + 1x70mm ² (T)	3 - 1x120mm ² N2XOH + 1x16mm ² (T)	

En la tabla VII ya se puede notar solo tomando en cuenta el tablero general eléctrico cómo el diseño basado en modelos estándar tiende a ser mucho más conservador y sobredimensionado en comparación con el diseño basado en datos reales de campo. Este último permite optimizar el uso de materiales, reducir costos de instalación y adaptar mejor la infraestructura a las necesidades operativas reales, sin comprometer la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico. A continuación, se presenta un análisis más exhaustivo en características técnicas y ahorro en costo de los materiales.

TABLA XIII
COMPARACION DE INFRAESTRUCTURA BASADO EN COSTOS

IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

ítem	Conductor Para alimentador eléctrico 35 metros lineales Marca Indeco	Canalizado de alimentadores 30 metros lineales	Interruptor termomagnético tipo caja moldeada en marca Schneider Electric	Mano de obra por canalizado de alimentador y montaje de tablero eléctrico	Costo por conexión de suministro de energía
Bajo Modelos estándar	3 - 1x300mm ² N2XOH + 1x95mm ² (T)	Bandeja de 20x10x240cm	ITM de 3x252-630A	4 operarios durante 4 días	Potencia contratada de 109 kW 150 kW < Pc ≤ 225 kW
Costo	S/ 25,163.95	S/ 2,500.00	S/ 3,238.00	S/ 2,448.00	S/ 9,926.16
Datos de campo	3 - 1x120mm ² N2XOH + 1x50mm ² (T)	Tubería EMT 3"	ITM de 3x252-630A	2 operarios durante 4 días	Potencia contratada de 29 kW 20 kW < Pc ≤ 50 kW
Costo	S/ 10,241.35	S/ 1,000	S/ 3,238.00	S/ 1,224.00	S/ 7,353.76
Ahorro estimado por ítem	S/ 14,922.60	S/ 1,500.00	S/ 0.00	S/ 1,224.00	S/ 2,572.40
Ahorro Total: S/ 20,219.00					

El análisis comparativo de costos entre el diseño de los alimentadores, tuberías, y tablero eléctrico basado en los modelos estándar y el diseño basado en datos reales de campo revela un ahorro significativo en la instalación eléctrica.

Los materiales calculados y seleccionados cumplen estrictamente con los requisitos del Código Nacional de Electricidad - Utilización [14].

Conductor para Alimentador Eléctrico: El uso de un conductor de menor sección (120 mm² en lugar de 300 mm²) basado en datos de campo reduce los costos de S/ 25,163.95 a S/ 10,241.35, resultando en un ahorro de S/ 14,922.60.

Canalizado de alimentadores: La selección de una tubería de menor diámetro 3" en lugar de una bandeja de 200x100x2400mm disminuye los costos de S/ 2,500.00 a S/ 1000.00, con un ahorro de S/ 1,500.00.

Mano de Obra: Menos personal y menor complejidad de instalación reducen los costos de S/ 2,448.00 a S/ 1,224.00, con un ahorro de S/ 1,224.00.

Costo por Conexión de Suministro de Energía: La potencia contratada más baja, basada en la demanda real observada, reduce los costos de conexión de S/ 9,926.16 a S/ 7,353.76, ahorrando S/ 2,572.40.

En conjunto, estos ajustes representan un ahorro total estimado de S/ 20,219.00, demostrando la ventaja económica significativa de diseñar el sistema eléctrico en función de las mediciones reales, en lugar de seguir estrictamente los modelos estándar.

Uno de los aspectos más destacables de este estudio es la considerable diferencia entre las estimaciones de modelos estándar y los resultados obtenidos a partir de las mediciones en campo. Mientras los modelos estándar sugieren un Factor de Demanda (FD) del 60%, los datos obtenidos en campo indicaron un FD mucho menor, del 17%. Esta discrepancia tuvo un impacto directo en la potencia máxima demandada (M.D.), que pasó de 144 kW (según modelos estándar) a 40.8 kW en las condiciones reales observadas. Estos resultados corroboran lo señalado en estudios previos, como el de [6], quienes identificaron la tendencia de los cálculos de modelos estándar a sobrestimar las necesidades energéticas, lo que lleva a un sobredimensionamiento innecesario de la infraestructura eléctrica. Este hallazgo refuerza la importancia de los datos reales en el diseño, optimizando así el uso de recursos y reduciendo costos, como también se señala en la Guía Técnica de Schneider Electric [10].

Al aplicar un factor de simultaneidad del 70% para calcular la demanda máxima a contratar, se observó que la potencia contratada a la concesionaria bajo modelos estándar era de 161 kW, mientras que, utilizando los datos de campo, esta potencia se redujo a 89 kW. Esta significativa reducción concuerda con lo planteado por [3], quienes destacan que la demanda simultaneizada basada en datos reales ofrece una base más precisa para el diseño de la infraestructura eléctrica, asegurando un dimensionamiento adecuado y evitando sobrecostos. Demuestra la ventaja de utilizar mediciones reales para estimar la demanda, en lugar de depender únicamente de uso de modelos estándar.

El análisis comparativo entre el diseño basado en modelos estándar y el ajustado a mediciones de campo mostró diferencias significativas en las especificaciones técnicas y costos asociados. Por ejemplo, la corriente nominal y de diseño se redujo drásticamente en el diseño basado en datos de campo, permitiendo el uso de conductores de menor sección, interruptores termomagnéticos de menor capacidad y un tablero eléctrico más pequeño. Esto coincide con los hallazgos de [4], quienes subrayan cómo la optimización basada en mediciones reales puede reducir costos sin comprometer la seguridad ni la funcionalidad del sistema.

Los resultados económicos del estudio son contundentes: el ahorro total estimado al ajustar el diseño eléctrico a los datos reales de campo es de S/ 20,219.00. Este ahorro incluye la reducción de costos en conductores, tuberías, tableros eléctricos, mano de obra y la conexión de suministro de energía. Este hallazgo pone de manifiesto la importancia de realizar mediciones in situ para optimizar el diseño eléctrico, evitando la sobredimensión y logrando una mayor eficiencia en el uso de recursos.

En este proyecto no se generaron costos indirectos, ya que se trató de una instalación nueva optimizada desde su diseño

inicial mediante mediciones reales. El ahorro económico, superior a S/ 21,000.00, provino de la reducción en infraestructura como conductores, protecciones, tableros y conexión eléctrica. Dado que los ahorros se materializan desde la implementación, el retorno de inversión es inmediato, maximizando la eficiencia de la inversión desde el inicio de operaciones.

V. CONCLUSIONES

El análisis realizado confirma que los objetivos de la investigación se cumplieron satisfactoriamente. Respecto al objetivo general, se evidenció que el Factor de Demanda es crucial para optimizar la infraestructura eléctrica, reduciendo sobredimensionamientos y costos operativos. Esto se logró a través de mediciones reales, que revelaron un Factor de Demanda mucho menor al estimado por los modelos estándar.

Respecto al objetivo específico 1, se logró diferenciar la máxima demanda medida en campo frente a la estimada por modelos estándar. Los resultados evidenciaron que el modelo estándar, con un Factor de Demanda del 60%, sobreestima considerablemente frente al valor real obtenido de 17%, destacando así la importancia de basarse en datos operativos reales en lugar de depender únicamente de estimaciones genéricas.

En cuanto al objetivo específico 2, se identificó que la optimización del Factor de Demanda impacta positivamente en la reducción de costos operativos y de infraestructura. Ajustar el diseño eléctrico basado en mediciones reales permite evitar sobredimensionamientos y optimizar el uso de recursos, garantizando no solo el cumplimiento normativo, sino también una solución económica y técnicamente adecuada para la empresa.

En conclusión, el diseño eléctrico para las máquinas tejedoras desarrollado en este estudio responde a un vacío normativo del Código Nacional de Electricidad, al no contemplar un Factor de Demanda específico para este tipo de maquinaria integrada. Mediante el uso de normas internacionales y mediciones reales, se determinó un FD adaptado a sus condiciones operativas, garantizando un diseño eficiente y seguro. Este enfoque evita subdimensionamientos o sobrecargas y refuerza la importancia de complementar las normativas nacionales con datos reales en casos particulares como este.

VI. AGRADECIMIENTO

Se expresa mayor agradecimiento a los directivos de la empresa industrial textil por la colaboración en los accesos a sus instalaciones para la recopilación de la muestra.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), *Norma Ecuatoriana de la Construcción - Servicios Básicos, Instalaciones Eléctricas Residenciales*, 1st ed., Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Feb. 2018.
- [2] A. González, D. Borges, and M. Martínez, "Métodos de estimación de la demanda en sistemas eléctricos de baja tensión," *Ingeniería Energética*, vol. XXVIII, no. 3, pp. 19-24, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba, 2007. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127738004>.
- [3] F. Aguirre, J. Alemany, J. Lin, and F. Magnago, "Gestión de la demanda eléctrica para clientes residenciales," en *ARGENCON 2014*, pp. 628-633, 2014, doi: 10.1109/ARGENCON.2014.6868562
- [4] A. C. Hernández Mendoza, D. A. Hernández Mendoza, and A. Melo Vega, *Diseño eléctrico para la instalación de un equipo ionizante en la Clínica Angiografía de Colombia en Villavicencio*, Corporación Universitaria del Meta, Villavicencio, Colombia, 2022.
- [5] I. B. Núñez Gálvez and M. Pérez Martínez, *Necesidad de la actualización del factor de demanda en establecimientos hoteleros*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, CIPEL, ISBN: 978-959-261-601-1, 2023.
- [6] P. Martínez, M. Pérez, I. Gálvez, and J. Ramos Guardarrama, "Estudio para la actualización del coeficiente de demanda para instalaciones hoteleras," *Revista de Ingeniería Eléctrica*, vol. 20, pp. 1-14, 2023.
- [7] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica EM.010: Instalaciones Eléctricas Interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones, Resolución Ministerial N° 083-2019-VIVIENDA, Lima, Perú, 2019.
- [8] UNI-T, "UT219P Digital Clamp Meter Datasheet," [Online]. Available: <https://meters.uni-trend.com/download/ut219p-datasheet/>.
- [9] Schneider Electric España, S.A., Guía de diseño de instalaciones eléctricas: Según normas internacionales IEC, 4th ed., Barcelona, España, Apr. 2010.
- [10] Schneider Electric España, S.A., Guía de diseño de instalaciones eléctricas: Según normas internacionales IEC, 2nd ed., Barcelona, España, Feb. 2008.
- [11] National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 70: National Electrical Code, 2023 ed. [Online]. Available: <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-70-standard-development/70>.
- [12] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas (OSINERGMIN), Norma "Opciones tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final", Resolución N°182-2009-OS/CD, Lima, Perú, 2009.
- [13] F. B. Robles Alvarado, *Metodología para el cálculo de factores de simultaneidad y demanda*, Tesis de Ingeniería Electricista, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2007
- [14] Ministerio de Energía y Minas, Código Nacional de Electricidad - Utilización, Dirección General de Electricidad, Lima, Perú, 2006.
- [15] EverLab, Certificado de calibración: EE-0956-2024, Laboratorio 1 de EnerLab S.A.C., nov. 19, 2024.