

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica

**Auditoría energética del sistema eléctrico de la Planta Bellavista de la
Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento -
EPMAPS para proponer alternativas de eficiencia energética que
minimicen los costos de operación**

Andrade Villacís, Carlos Esteban

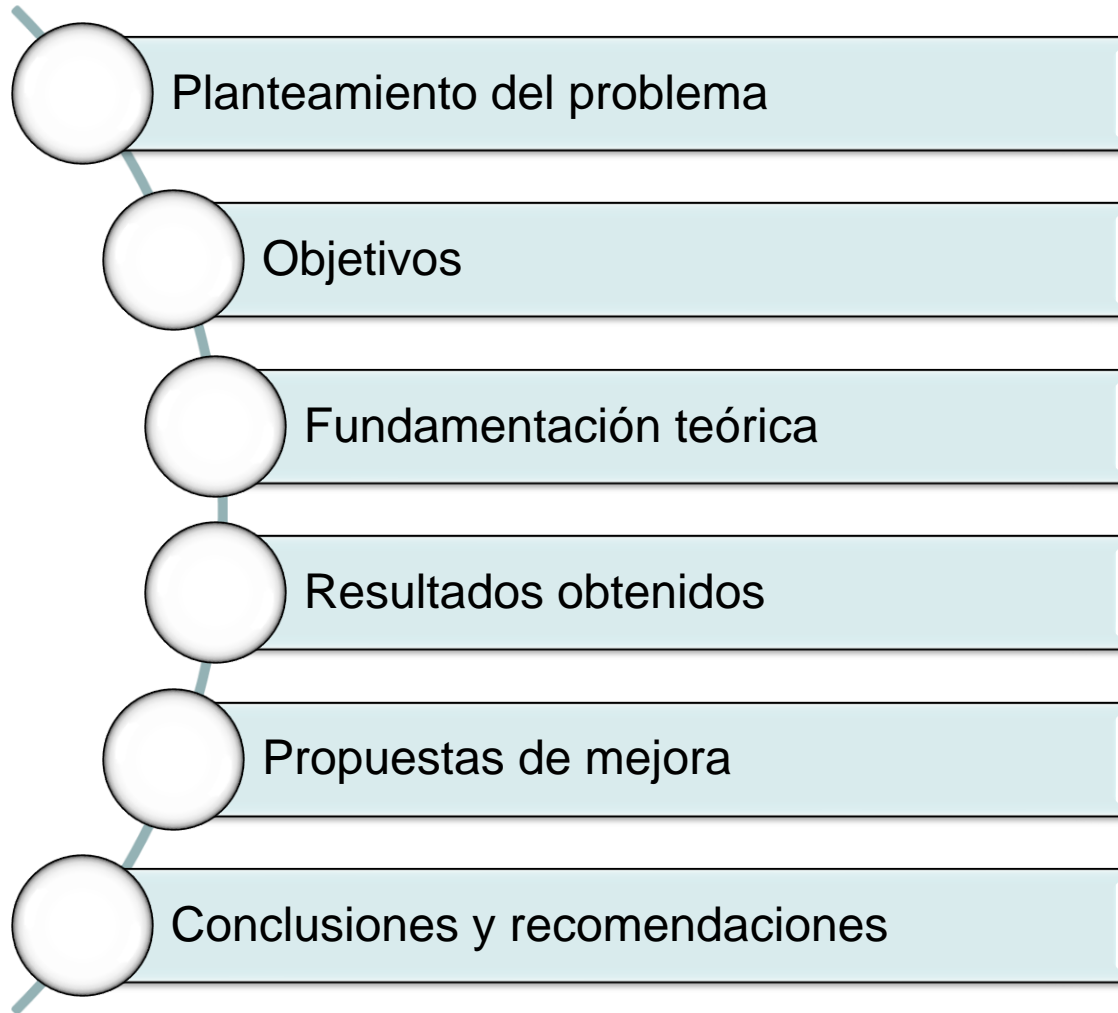
Cevallos Rubio, Mauricio David

Ing. Jiménez León, Mario Polibio

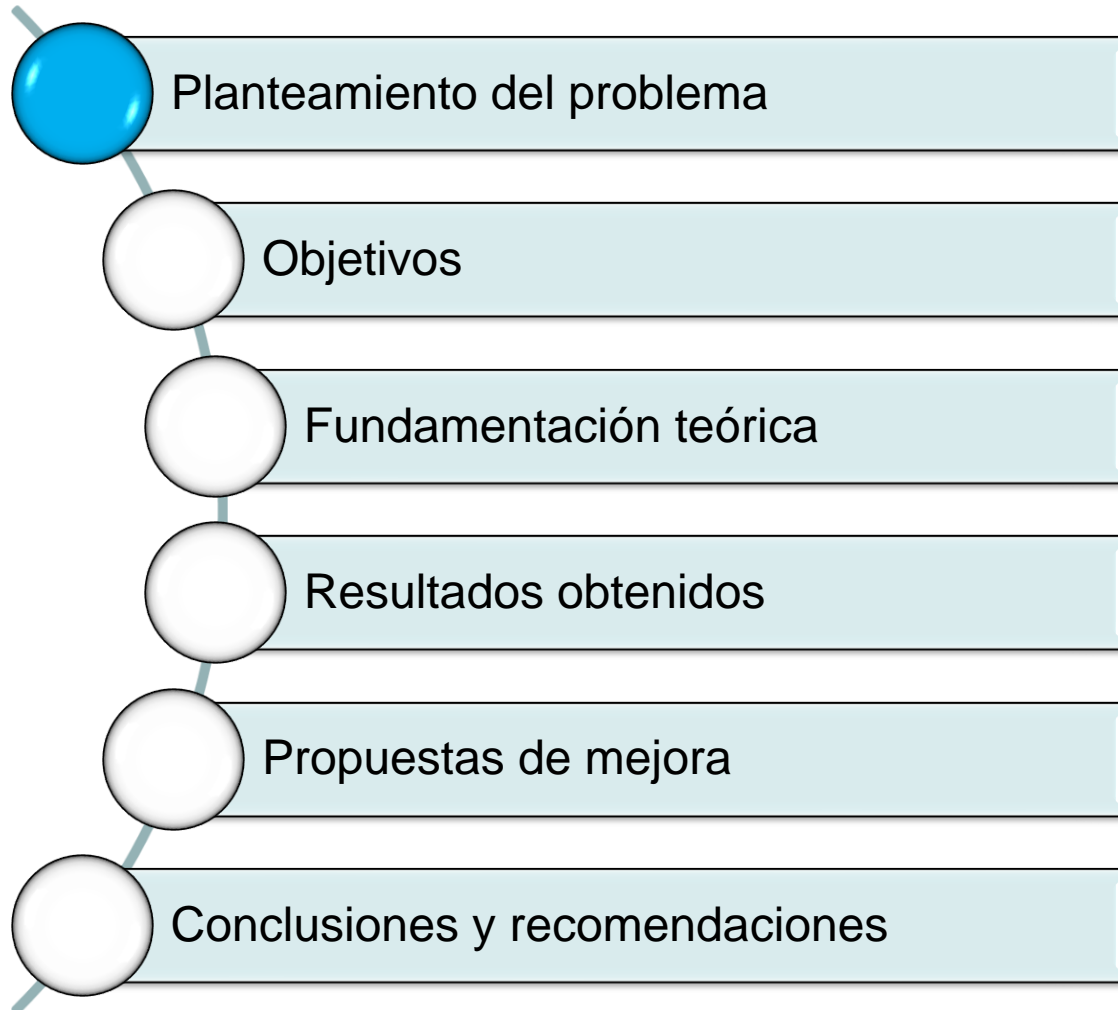
Febrero, 2022



Agenda



Agenda



Planteamiento del problema

En la actualidad uno de los propósitos que se destaca a nivel empresarial es fomentar el ahorro y eficiencia energética buscando establecer un consumo responsable de la energía, en la que el sector público y privado se encamina cada vez con mayor ímpetu para alcanzar el desarrollo sostenible y la obtención de un crecimiento económico.



El consumo en el sector industrial es alto por lo que organizaciones en general han tomado medidas para enfrentar esta problemática mediante la adquisición de equipos eficientes, utilización de energías renovables o implementación de políticas para un buen uso de energía y ahorro, en conclusión toda empresa tiene por objetivo propio actual a futuro irse innovando constantemente, de esta manera obteniendo beneficios económicos, energéticos y siendo respetuosos con el medio ambiente. 1



Planteamiento del problema

La EPMAPS Bellavista es una empresa que cumple una función importante en el Distrito Metropolitano de Quito como es el de suministrar agua potable para el consumo humano, aproximadamente al 36% del DMQ, además viene operando desde 1990 y buena parte de sus instalaciones para los diferentes procesos de tratamiento que dispone cuentan con tecnología de los años ochenta.



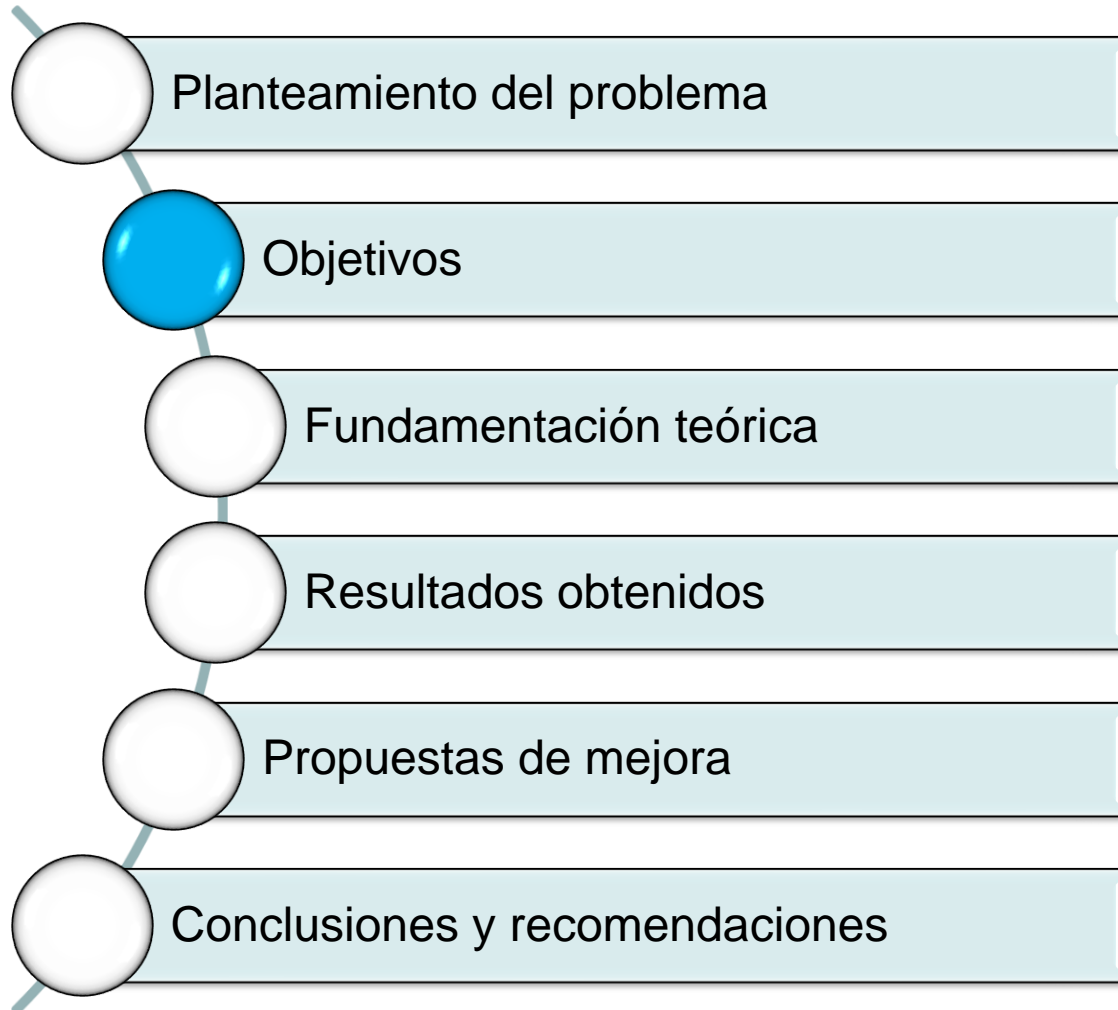
En consecuencia, es imprescindible la auditoría energética, ya que de esta manera permite conocer la situación eléctrica actual e identificar las debidas alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Bellavista, lo cual permitirá reducir los costos operacionales y disminuir los impactos medio ambientales.

2

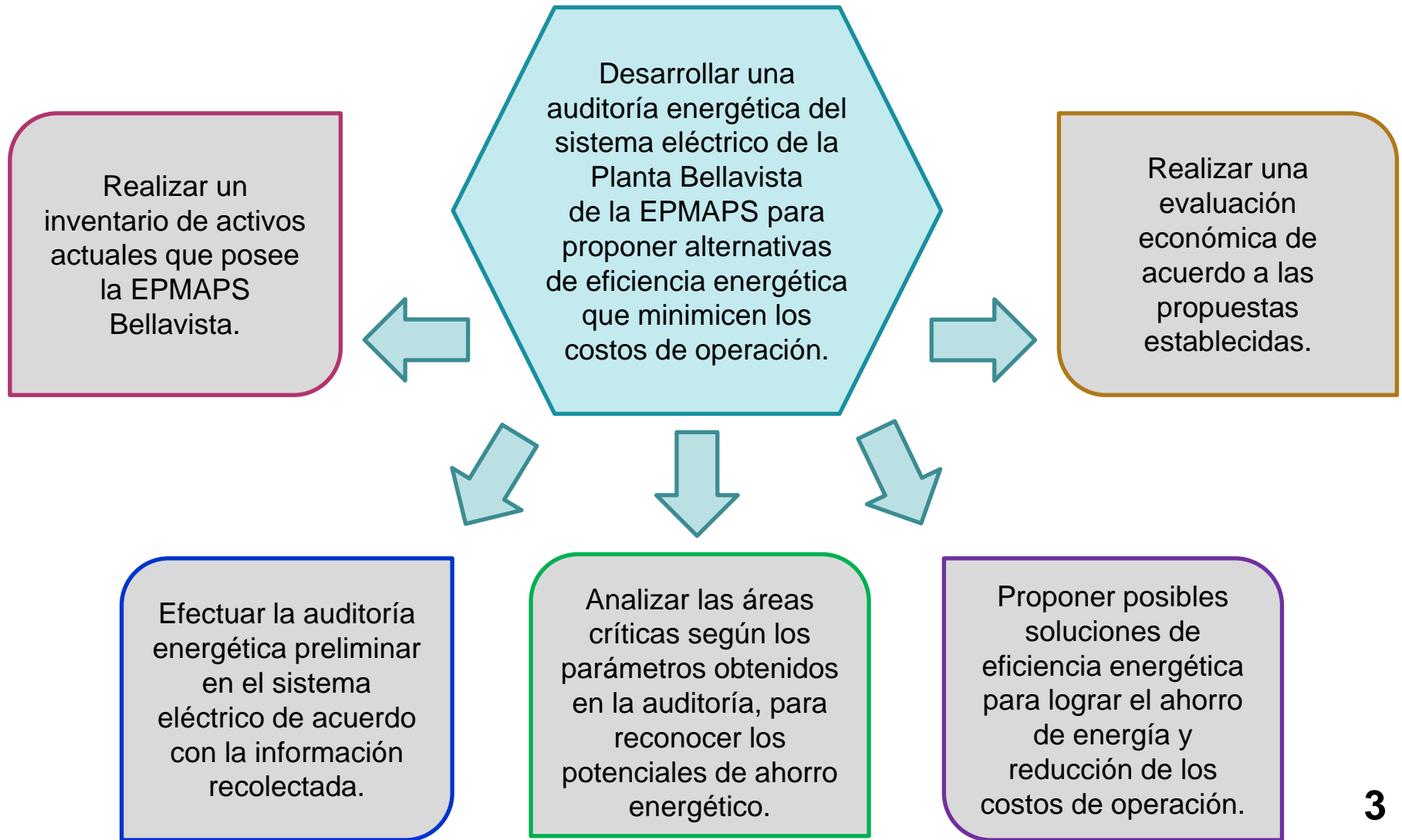


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

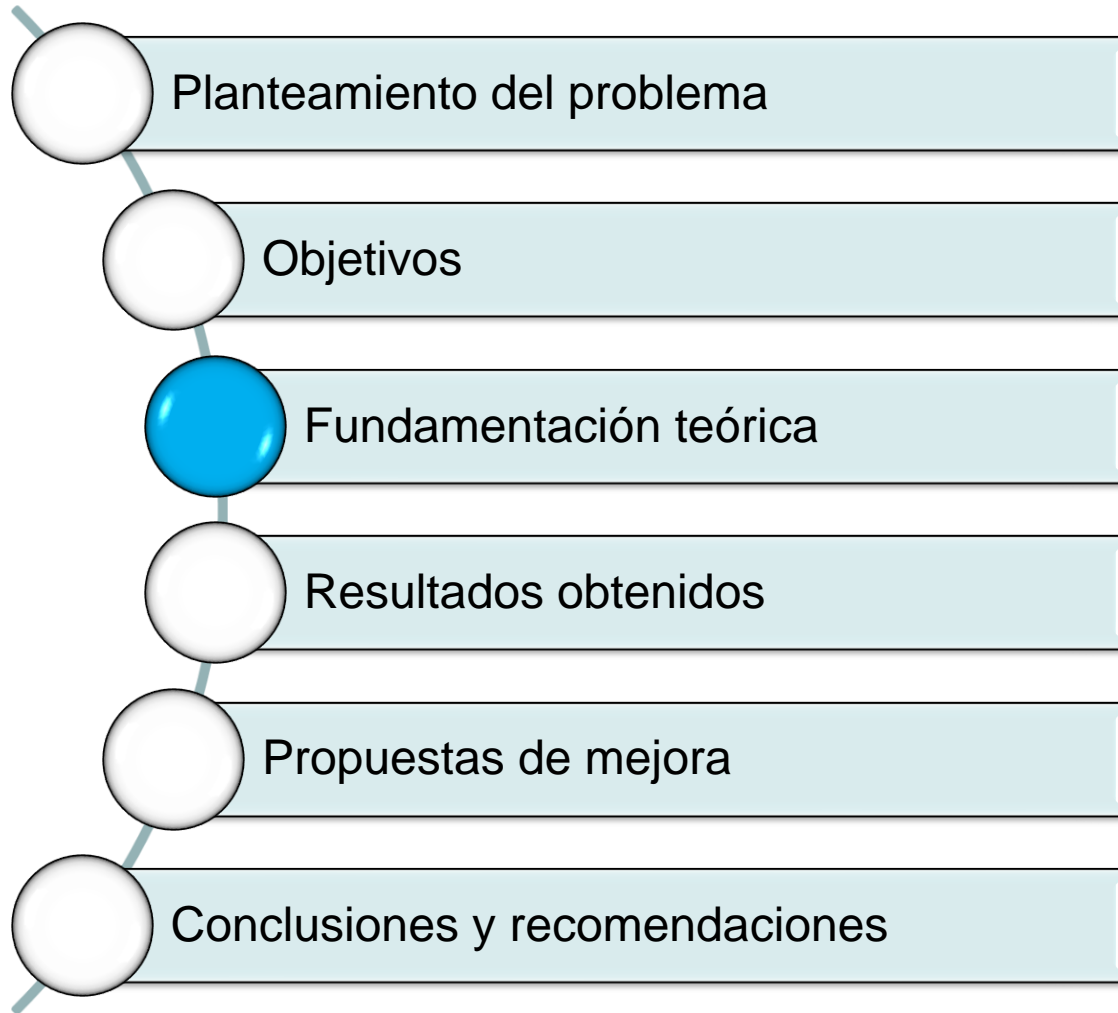
Agenda



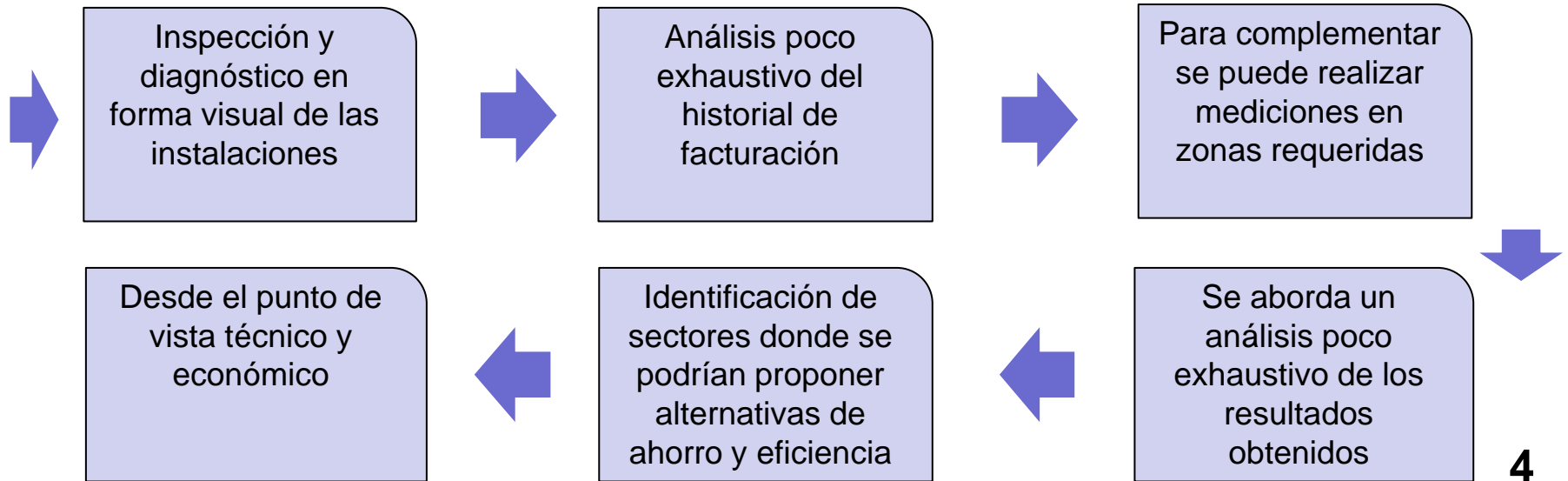
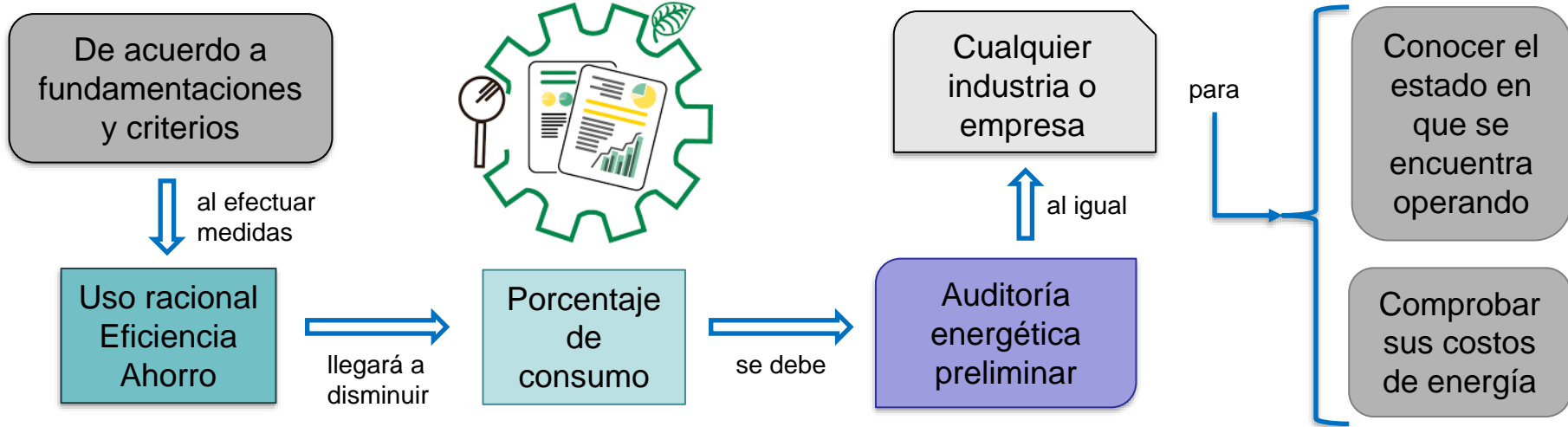
Objetivos



Agenda



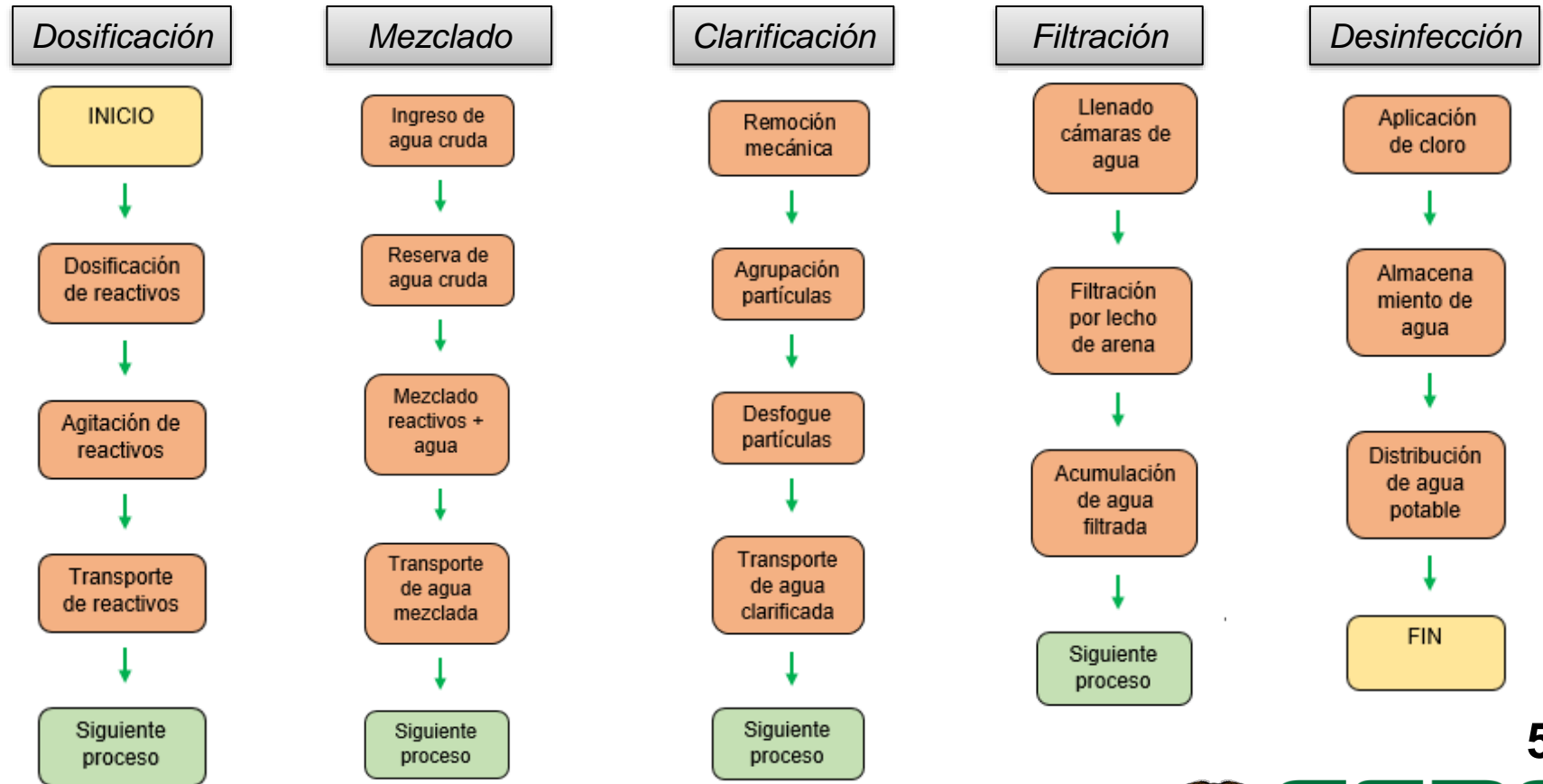
Fundamentación teórica



Fundamentación teórica

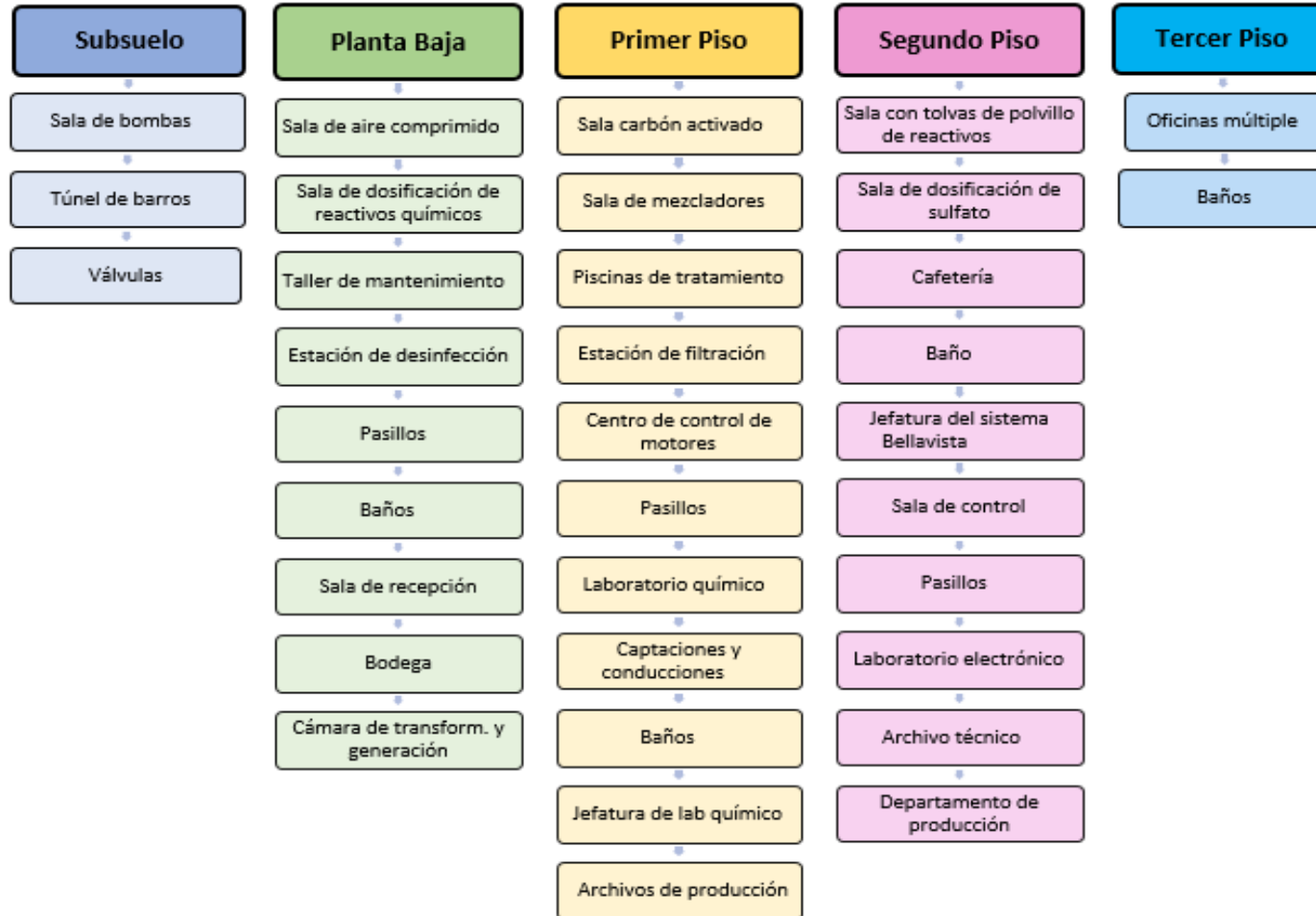
La EPMAPS está situada en la loma de Guangüiltagua, en el Parque Metropolitano de Quito

Operación de 24 horas los 365 días del año

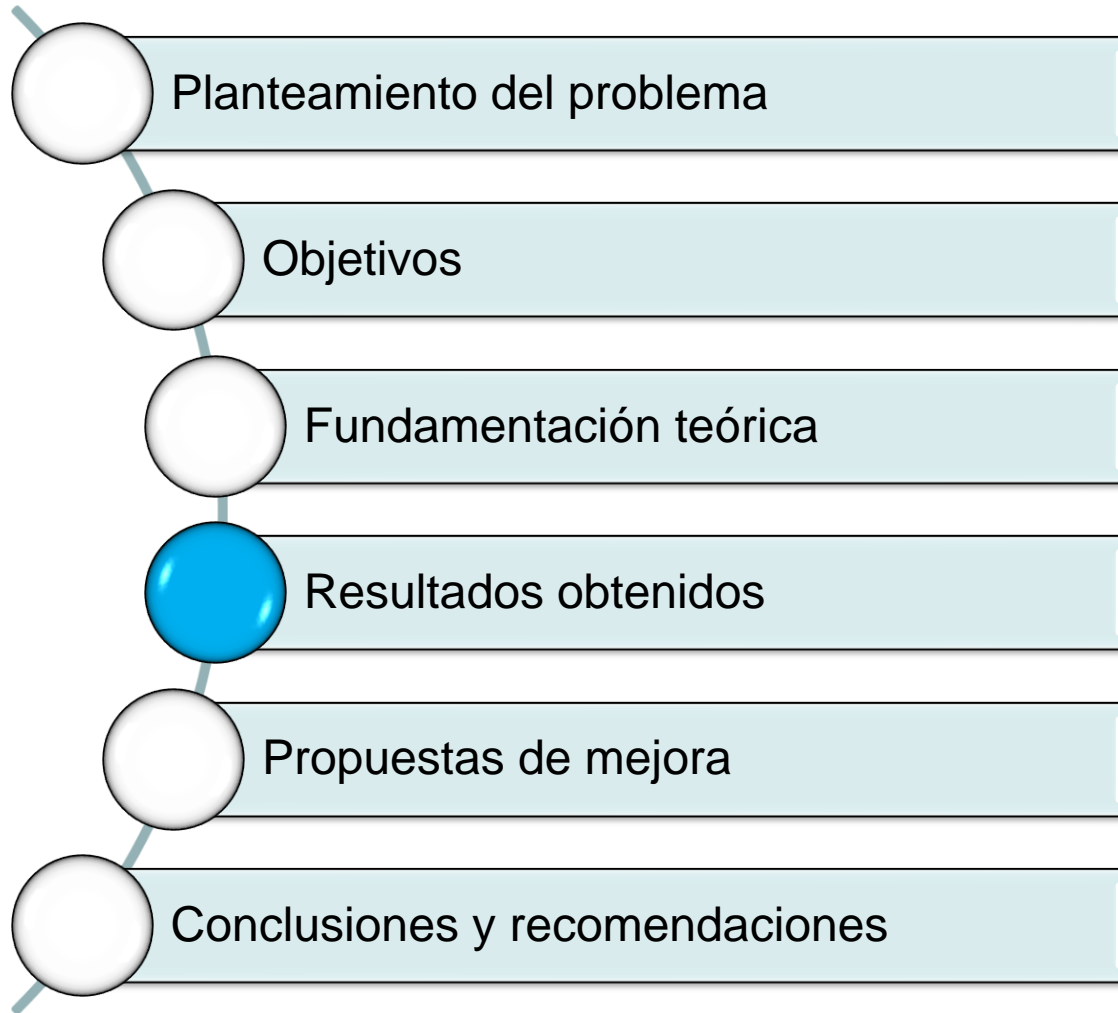


Fundamentación teórica

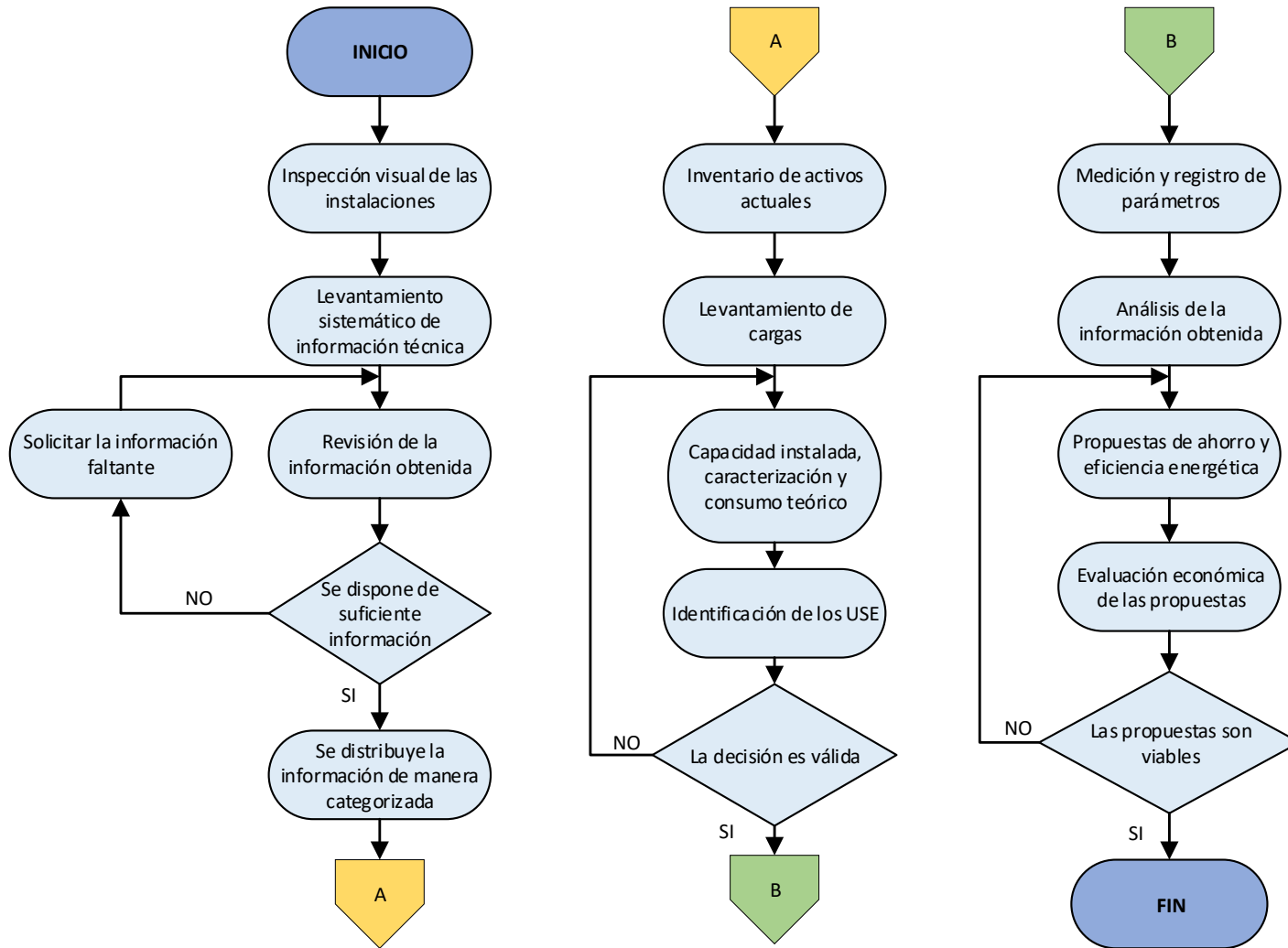
Los niveles y áreas de la EPMAPS Bellavista



Agenda



Resultados obtenidos



Resultados obtenidos

Suministro del sistema eléctrico

Transformador I de 1000 kVA



Transformador II de 1000 kVA



Generador diésel 212,5 kVA



Suministra los niveles de la planta

Operación rotativa

Ubicado en la parte exterior

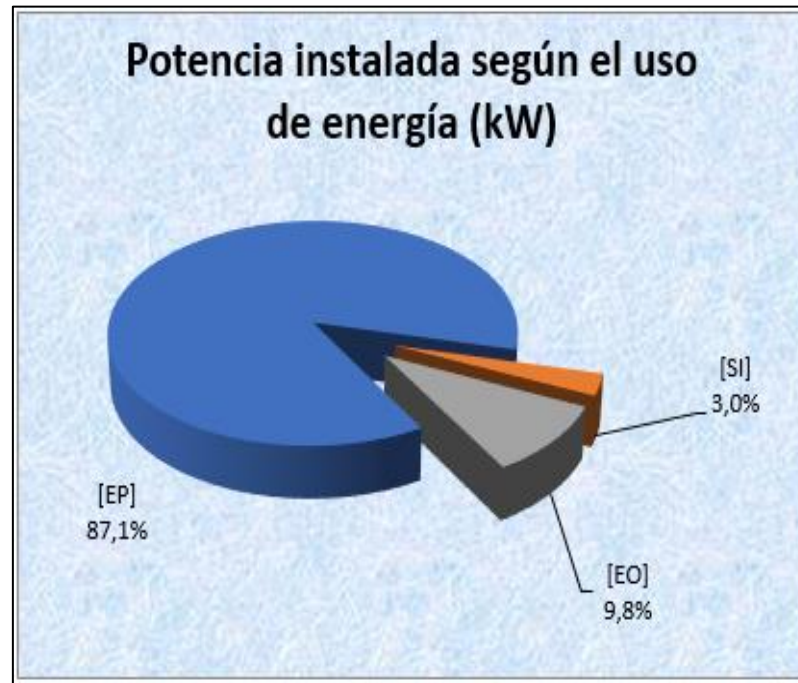
Infraestructura y mecanismos

Resultados obtenidos

Capacidad instalada

802,62 kW

Según el uso
de la energía



(EP) 699,35 kW

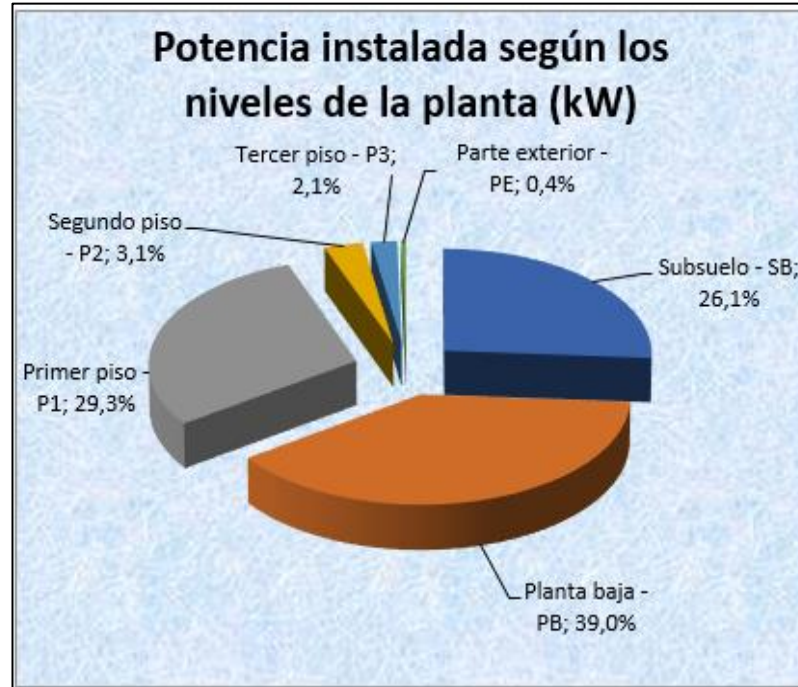
(SI) 24,25 kW

(EO) 79,03 kW

Resultados obtenidos

Capacidad instalada

Según los niveles de la planta



(SB) 209,60 kW

(PB) 312,70 kW

(P1) 235,50 kW

(P2) 25,00 kW

(P3) 16,90 kW

(PE) 2,90 kW



Resultados obtenidos

Capacidad instalada

Según las áreas de la planta



Sala de aire comprimido 254,53 kW

Sala de bombas 208,54 kW

Laboratorio químico 157,05 kW

Taller de mantenimiento 44,81 kW



Resultados obtenidos

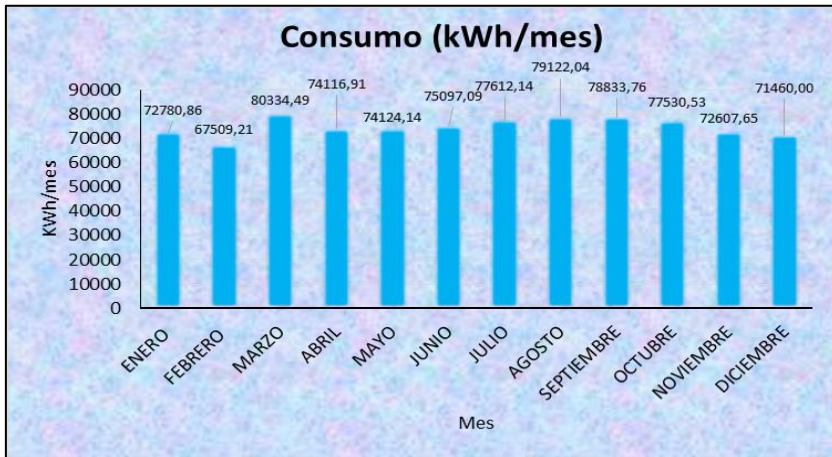
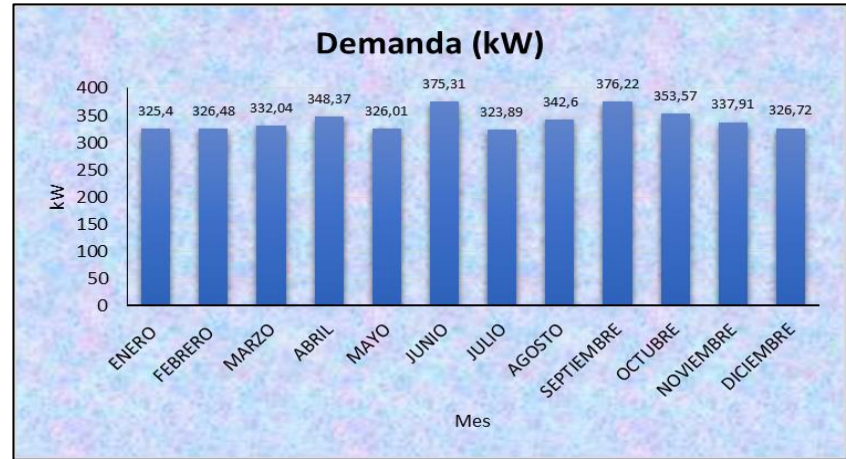
Caracterización del historial de facturación

Consumo

Promedio: 75,21 MWh

Mayor: Marzo 80,33 MWh, Agosto, Septiembre y Julio.

Menor: Febrero 67,50 MWh, Diciembre y Noviembre



Demanda

Promedio: 341,21 kW

Mayor: Septiembre 376,22 kW, Junio, y Octubre.



Resultados obtenidos

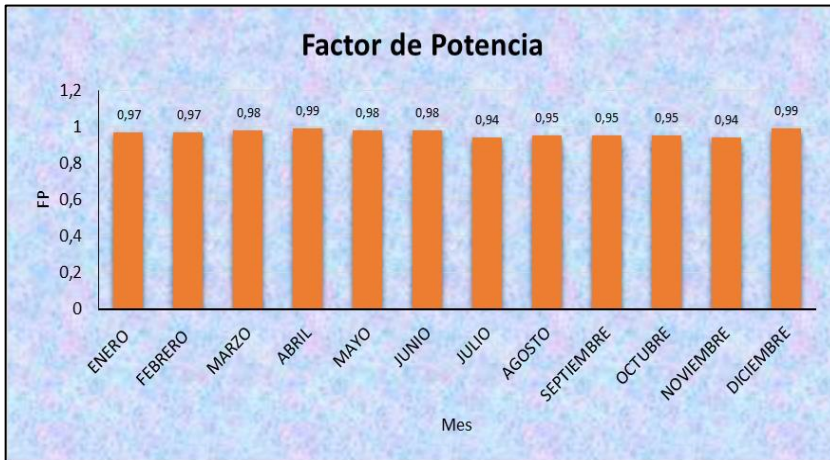
Caracterización del historial de facturación

Factor de potencia

Promedio: 0,97

Valores de 0,94-0,95, Julio a Noviembre

Valores de 0,97-0,99, Diciembre a Junio



Valor de planilla

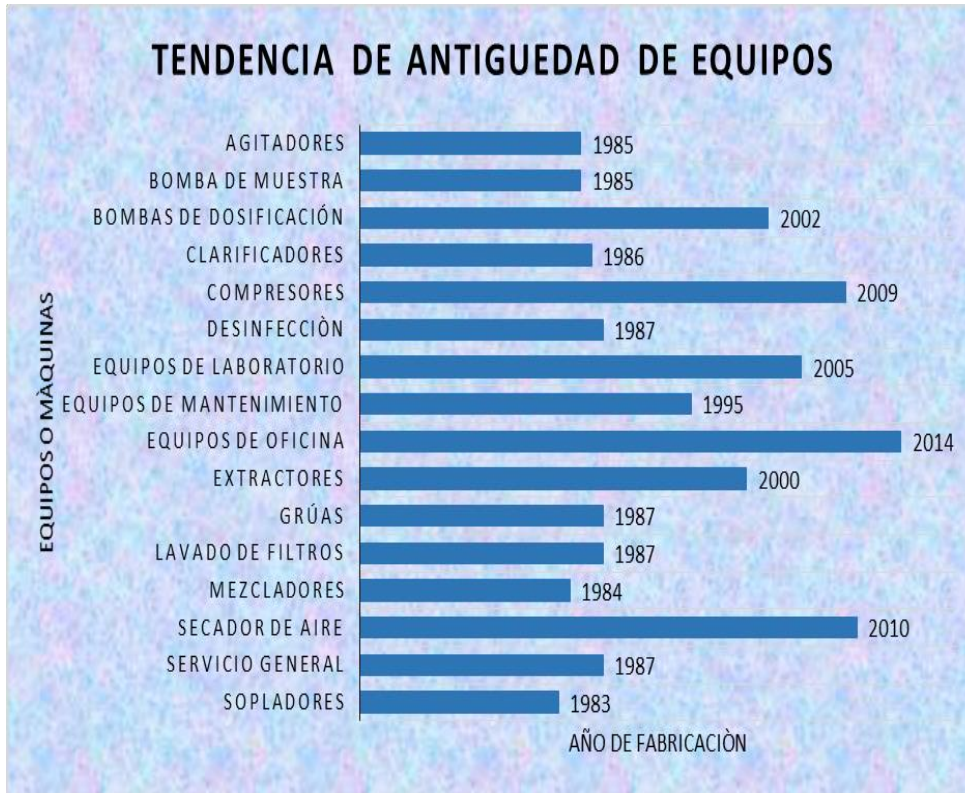
Promedio: 2173,59 USD

Mayor: Septiembre 2384,48 USD, Junio, y Octubre.



Resultados obtenidos

Tendencia de antigüedad de equipos



Los equipos de potencia son importantes para tratamiento

Mayoría dichos equipos poseen mayor antigüedad

Divisan desde 1983 a 1987

A pesar de sus años de operación aún continúan funcionando

Resto de equipos tienen una tendencia actualizada

Resultados obtenidos

Sistema de Iluminación

24,249 kW

Considerado importante

Tiempo de funcionamiento y tecnología

Las lámparas que preponderan son fluorescentes

En menor cantidad los focos ahorradores

En mínima cantidad los focos HID e incandescente

8,30% consumo

		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA																					
		DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA																					
		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA																					
		CUANTIFICACIÓN DE LÁMPARAS																					
Ubicación:		Parque Metropolitano de Quito EPMAPS - BELLAVISTA																					
Hora inicio:		07h00	Hora final:																	15h30	Inspección:		005/012
Instrumentos:		Fecha digital, bolígrafo																					
Fecha de ejecución:		04 de Octubre del 2021																					
		Cuantificación de los tipos de lámparas de cada área																					
Nivel	Áreas	Lámpara fluorescente 6500 K 2 x 32 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6500 K 4 x 32 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6500 K 4 x 32 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6500 K 4 x 32 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6500 K 4 x 17 W (Cand. 60-60 cm)	Lámpara fluorescente 6000 K 2 x 40 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6000 K 3 x 40 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6500 K 4 x 40 W (120 cm)	Lámpara fluorescente 6000 K 2 x 105 W (240 cm)	Foco ovale cálido 4200 K 400 W	Foco ovale incand. 4200 K 400 W	Foco esférico 240 W 6000 K 9W	Foco cónico cálido 6500 K 9W	Foco ahorrador 6000 K 23W	Foco ahorrador 6500 K 80W	Lámpara de emergencia led 2 x 1,6 W	Potencia por área (W)	Potencia por nivel (W)				
SB	Sala de bombas	3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	774,4	1625				
	Túnel de barros	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	588,2					
	Válvulas	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	262,4					
PB	Sala de aire comprimido	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	960	8497,4				
	Sala de dosificación reactivos	0	0	0	0	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	3	1114,6					
	Taller de mantenimiento	0	0	0	0	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1926,4					
	Estación de desinfección	0	0	2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	3456					
	Pasillos	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	236,2					
	Baños	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640					
P1	Sala de recepción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1	164,2	4539,2				
	Sala carbón activado	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	411,6						
	Sala de mezcladores	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	286					
	Piscinas de tratamiento	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	256					
	Estación de filtración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Centro de control de motores	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	515,2					
	Pasillos	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	606,4					
	Laboratorio químico	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	840					
	Captaciones y conducciones	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1040					
	Baños	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128					
Jefatura de lab químico	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360						
P2	Archivos de producción	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	4985,8				
	Sala con tolvas de polvillo	0	0	0	0	2	0	0	6	0	0	0	0	3	0	2	1075,4						
	Sala del sistema de dosificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32						
	Cafetería	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160					
	Baño	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160					
	Jefatura del sistema Bellavista	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	768					
	Sala de control	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	768					
	Pasillos	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1254,4						
Laboratorio electrónico	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	384						
P3	Archivo técnico	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	2426,4				
	Departamento de producción	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	288					
PE	Oficinas múltiples	20	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2170,4	2426,4					
	Baños	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		256				
TOTAL	Bodega & Cámara de transf.	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2176	24249,8					
		94	53	10	10	27	17	15	13	8	1	2	2	11	4	24	24249,8						

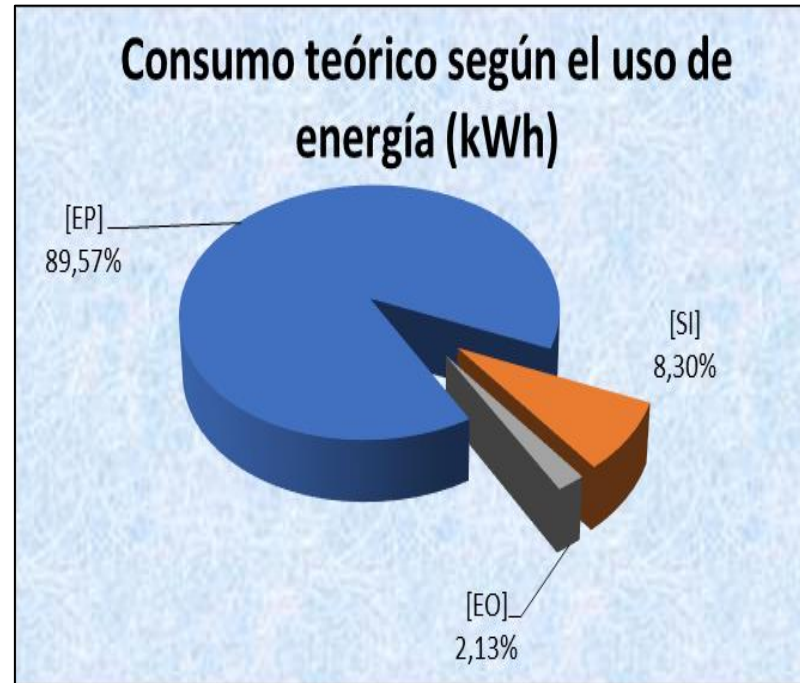


Resultados obtenidos

Consumo teórico

83 936,33 kWh/mes

Consumo teórico según el uso de energía (kWh)



Según el uso de la energía

(EP) 75 181,80 kWh/mes

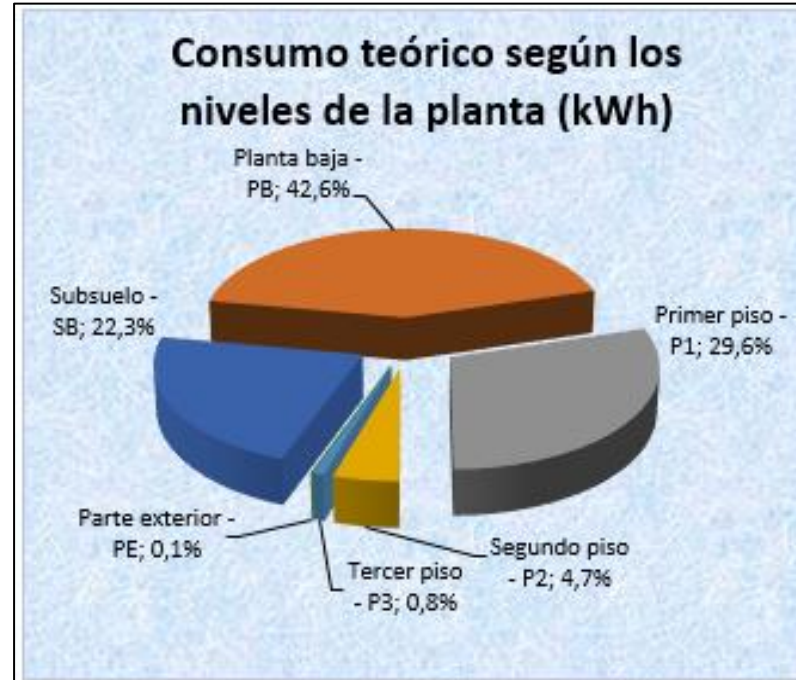
(SI) 6 965,80 kWh/mes

(EO) 1 788,80 kWh/mes

Resultados obtenidos

Consumo teórico

Según los niveles de la planta



(SB) 18 688,00 kWh/mes

(PB) 35 728,30 kWh/mes

(P1) 24 873,5 kWh/mes

(P2) 3 921,00 kWh/mes

(P3) 662,60 kWh/mes

(PE) 62,80 kWh/mes

Resultados obtenidos

Consumo teórico

Según las áreas de la planta



Sala de aire comprimido 33 006,00 kWh/mes

Sala de bombas 18 028,07 kWh/mes

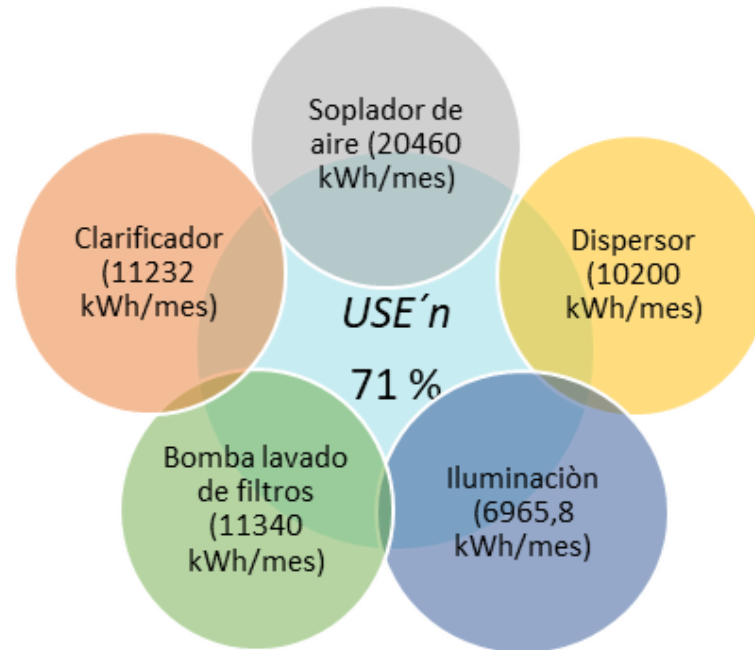
Piscinas de tratamiento 11 327,46 kWh/mes

Sala de mezcladores 10 249,03 kWh/mes



Resultados obtenidos

Usos significativos de energía



Equipos de alta potencia y operan constantemente

Forman parte de los equipos de tecnología de los años 80

Es necesario conocer el estado operativo

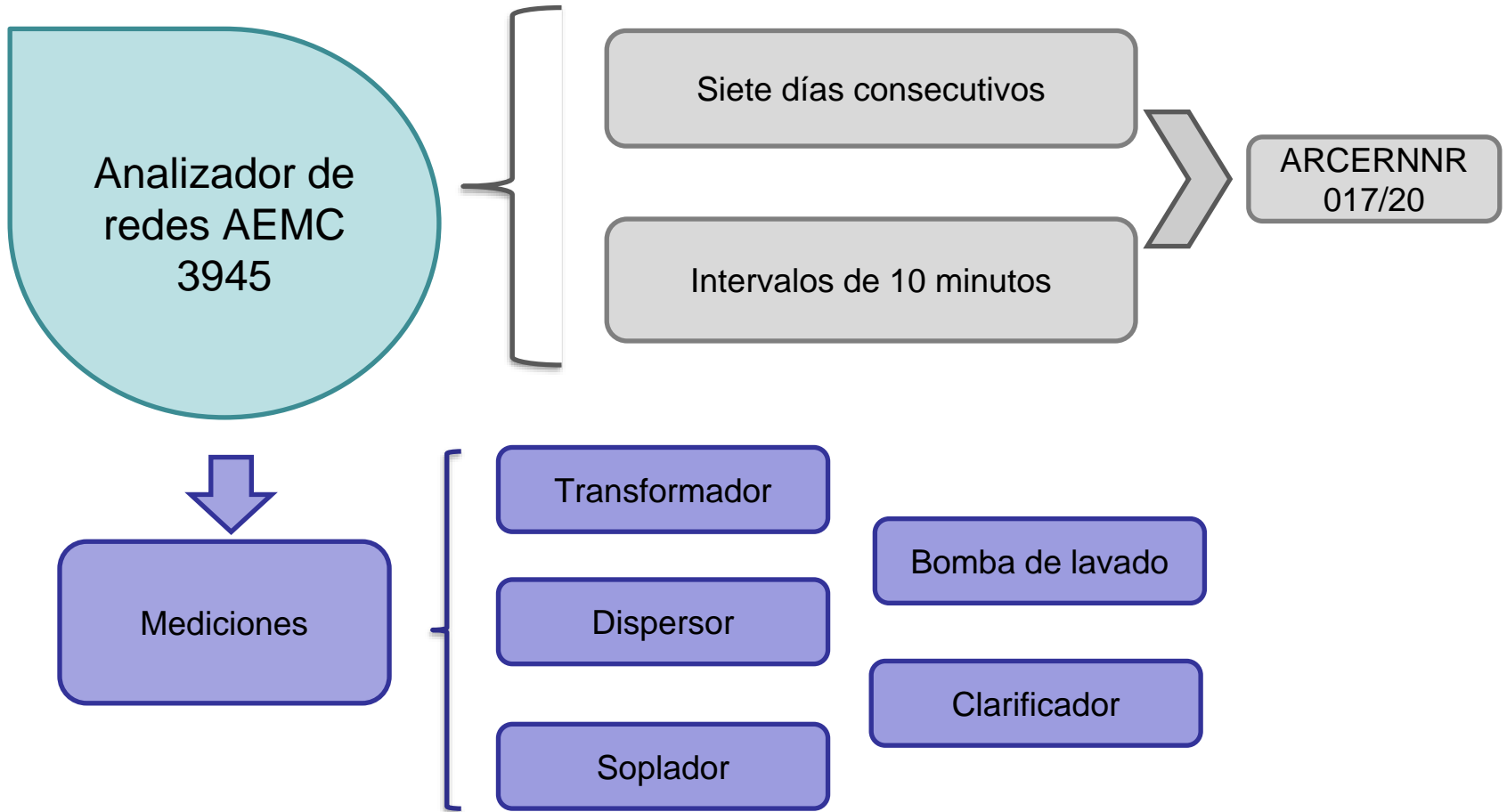
19



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Resultados obtenidos

Medición de variables eléctricas



Resultados obtenidos

Medición de variables eléctricas

Transformador

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia			Energía (kWh)	FP	THD corriente (%)	Frec. (Hz)
		(kW)	(kVAr)	(kVA)				
		Activa	Reactiva	Aparente				
476,45	130,97	338067,91	182902,14	379940,13	14155710	0,89	27,81	59,99
472,13	99,48					0,86	44,67	
477,61	121,62					0,88	29,80	

Variación de voltaje <8%
Desequilibrio de voltaje 0,69%
Factor de potencia 0,86-0,89



Desbalance de carga <24%
Frecuencia dentro rango $\pm 0,2$



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

21

Resultados obtenidos

Medición de variables eléctricas

Dispensor

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia			FP	Frec. (Hz)
		(kW)	(kVAr)	(kVA)		
		Activa	Reactiva	Aparente		
468,51	23,00	4601,50	20824,12	21358,51	0,23	59,99
472,57	22,73					
473,71	27,12					

Variación de voltaje <8%
Desequilibrio de voltaje 0,65%



Desbalance de carga <20%
Frecuencia dentro rango $\pm 0,2$



Resultados obtenidos

Medición de variables eléctricas

Soplador

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia			FP	Frec. (Hz)
		(kW)	(kVAr)	(kVA)		
		Activa	Reactiva	Aparente		
468,16	8,66	107988,29	50870,35	118533,08	0,65	59,99
472,24	22,22					
473,55	28,69					

Variación de voltaje <8%
Desequilibrio de voltaje 0,67%



Desbalance de carga <20%
Frecuencia dentro rango $\pm 0,2$



Resultados obtenidos

Medición de variables eléctricas

Bomba de lavado

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia			FP	Frec. (Hz)
		(kW)	(kVAr)	(kVA)		
		Activa	Reactiva	Aparente		
472,36	11,08	75203,87	53107,46	91703,05	0,23	59,99
474,79	10,75					
476,33	11,49					

Variación de voltaje <8%
Desequilibrio de voltaje 0,45%



Desbalance de carga <20%
Frecuencia dentro rango $\pm 0,2$



Resultados obtenidos

Medición de variables eléctricas

Clarificador

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia			FP	Frec. (Hz)
		(kW)	(kVAr)	(kVA)		
		Activa	Reactiva	Aparente		
465,91	17,55	19017,52	12437,42	24111,90	0,23	59,99
468,79	0,30					
470,47	18,88					

Variación de voltaje <8%
Desequilibrio de voltaje 0,53%



Desbalance de carga <20%
Frecuencia dentro rango $\pm 0,2$



Resultados obtenidos

Medición de luminosidad

Luxómetro
EXTECH
407026

Nivel mínimo

Nec o less

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATAUNGA DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA									
Ubicación:		PMQ EPMAPS - BELLAVISTA							
Hora inicio:		14h00			Hora final:			19h00	
Instrumentos:		Boligrafo, fichas, luxómetro, cinta métrica							
Fecha de ejecución:		06/01/2022							
Mediciones de luminosidad (lux)									
Nivel	Áreas	Fuente de iluminación	Tipo de lámpara	Tipo alumbramiento	Medición promedio (lux)	Nivel mínimo (lux)	Cumplimiento	Dosis de iluminación	Valoración de dosis ilum.
SB	Bombas de servicio y cloradores	A	F	I	98	100	No	0,98	Óptimo
	Bombas de lavado filtros	A	F	I	119	100	Si	1,19	Óptimo
	Túnel de barros	A	F	G	114	100	Si	1,14	Óptimo
	Válvulas	A	F	I	195	100	Si	1,95	Aceptable
PB	Sala de aire comprimido	A	F	G	276	200	Si	1,38	Óptimo
	Sala de dosificación de reactivos químicos	A	F	L	287	200	Si	1,44	Óptimo
	Taller de mantenimiento	A	F	L	289	200	Si	1,45	Óptimo
	Sala de desinfección	A	F+I	G	206	200	Si	1,03	Óptimo
	Pasillos	A	F	G	134	50	Si	2,68	Deslumbrante
	Baños	A	F	G	88	50	Si	1,77	Aceptable
P1	Sala de recepción	A	Ah	G	129	100	Si	1,29	Óptimo
	Sala carbón activado	A	F	G	196	200	No	0,98	Óptimo
	Sala de mezcladores	M	F+I	G	168	100	Si	1,68	Aceptable
	Piscinas de tratamiento	M	F	I	101	100	Si	1,01	Óptimo
	Estación de filtración	N	F	G	413	200	Si	2,07	Deslumbrante
	Centro de control de motores	A	F	G	193	200	No	0,97	Óptimo
	Pasillos	A	F	G	120	50	Si	2,39	Deslumbrante
	Laboratorio químico	A	F	L	559	500	Si	1,12	Óptimo
	Captaciones y conducciones	A	F	G	447	300	Si	1,49	Óptimo
	Baños	A	F	G	92	50	Si	1,84	Aceptable
P2	Jefatura de lab químico	A	F	G	310	300	Si	1,03	Óptimo
	Archivos de producción	A	F	G	211	200	Si	1,06	Óptimo
	Sala con tolvas de polvillo	A	Ah	G	80	200	No	0,40	Bajo
	Sala del sistema de dosificación de sulfato de	A	F	G	299	200	Si	1,50	Aceptable
	Cafetería	A	F	G	74	50	Si	1,47	Óptimo
	Baño	A	F	G	62	50	Si	1,23	Óptimo
	Jefatura del sistema Bellavista	A	F	G	496	300	Si	1,65	Aceptable
	Sala de control	A	F	L	559	300	Si	1,86	Aceptable
	Pasillos	M	Ah	G	58	50	Si	1,17	Óptimo
	Laboratorio electrónico	A	F	G	578	300	Si	1,93	Aceptable
P3	Archivo técnico	A	F	G	365	200	Si	1,82	Aceptable
	Departamento de producción	A	F	G	402	300	Si	1,34	Óptimo
	Oficinas múltiples	A	F	G	612	300	Si	2,04	Aceptable
	Baños	A	F	G	102	50	Si	2,04	Aceptable
PE	Bodega	A	F	G	273	200	Si	1,37	Óptimo

26



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Resultados obtenidos

Medición de luminosidad

88,5% de las áreas, los niveles de luxes es igual o superior al mínimo recomendado

8,8% de las áreas con valores de dosis de iluminación que abarcan de 2,07 a 2,68

2,7 % corresponde a la sala de bombas para servicios – cloradores, sala de carbón activado y centro de control presentan un valor con Δ 2% a 3,5% del mínimo

sala de tolvas de polvillo de reactivos presenta un Δ considerable de 60% del mínimo

86,5% fluorescente y 13,5% ahorrador, HID e incandescente, por lo que la fuente predominante es artificial

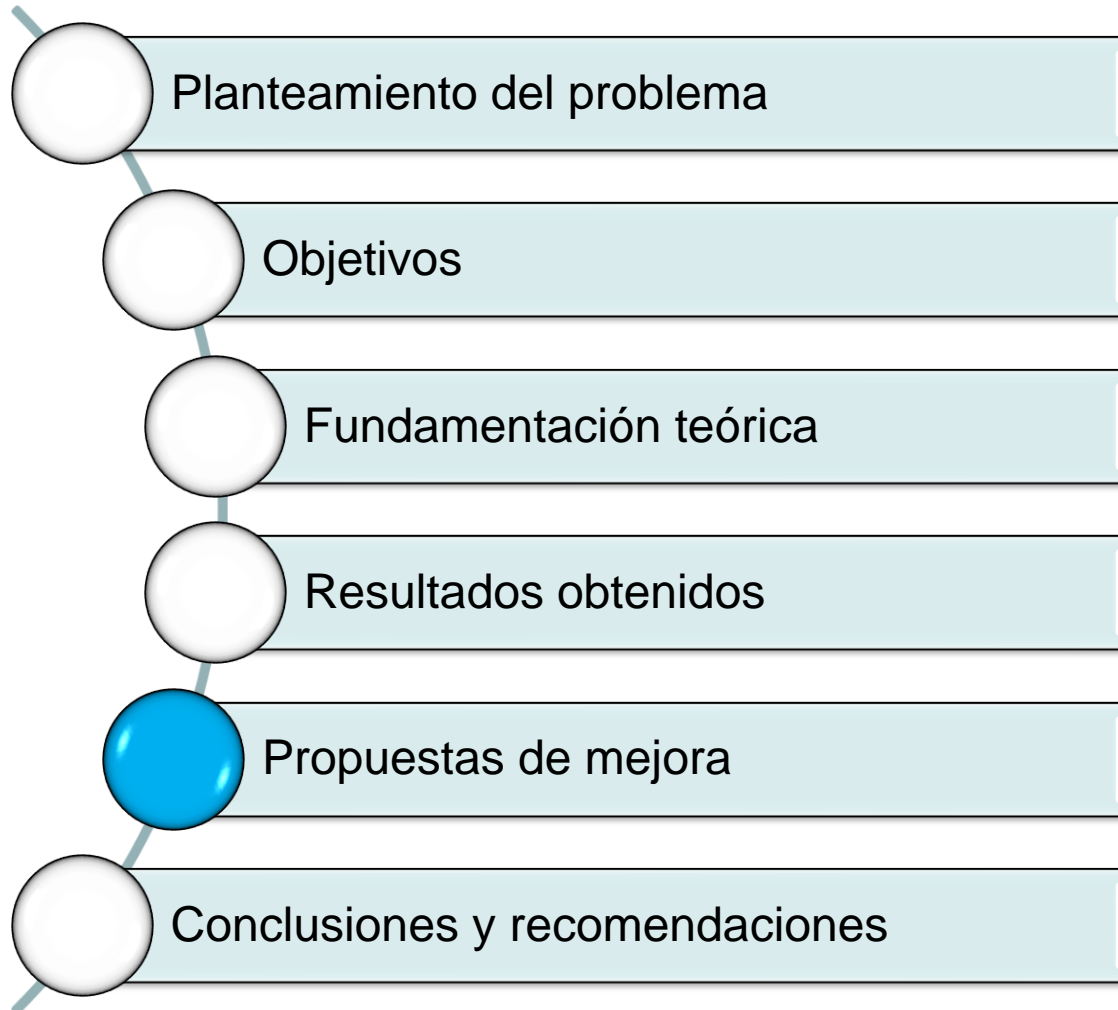
77% tipo de alumbramiento general, en donde se encuentran las zonas de los procesos, departamentos y oficinas

11,5% tipo localizado en la que se tiene las zonas de laboratorio, control, dosificación y montaje

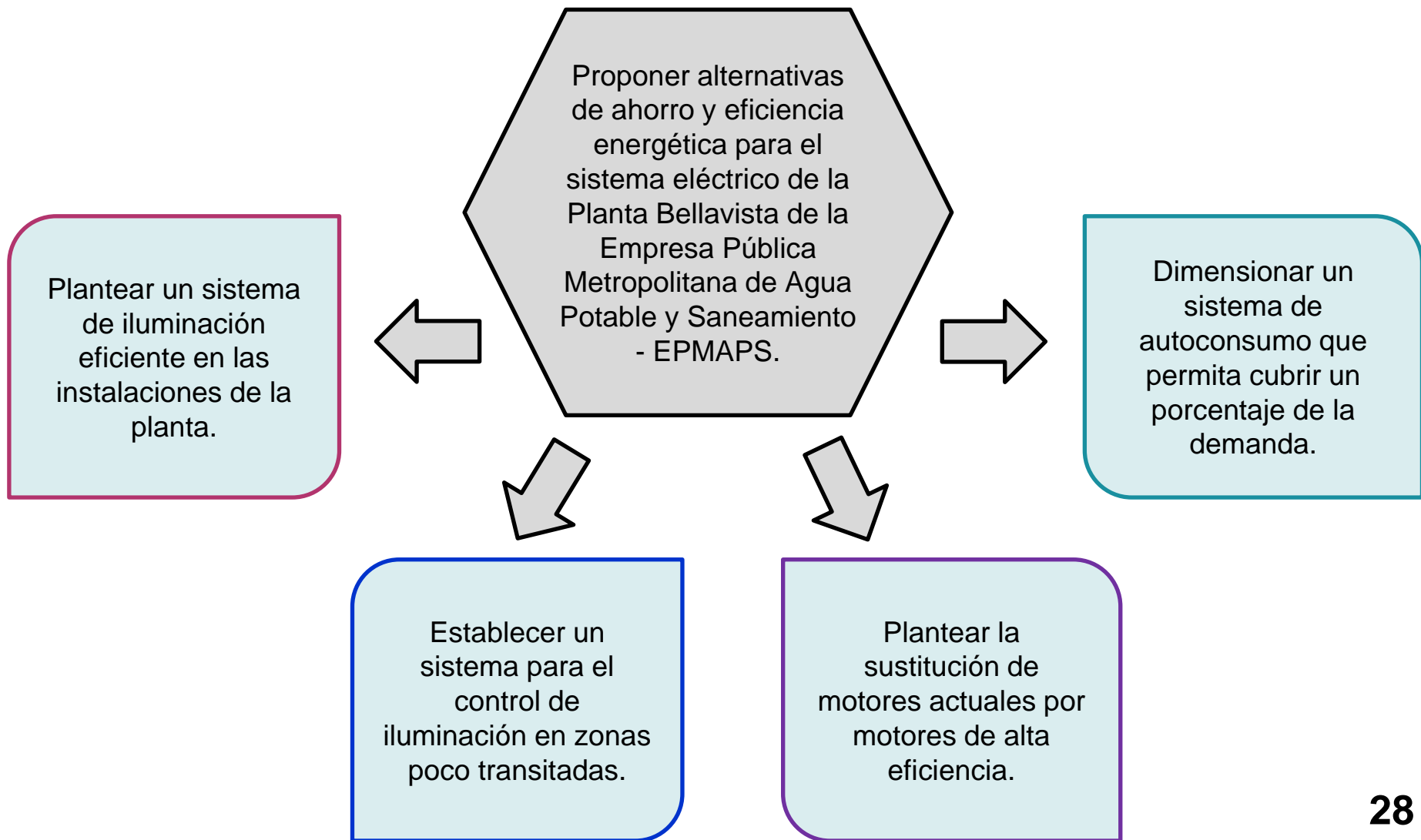
11,5% tipo individual en aquellas zonas donde se necesita mayor iluminación para la inspección de las máquinas.



Agenda



Objetivos de la Propuesta de mejora



Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de iluminación eficiente

Reemplazo de lámparas fluorescentes a lámparas tipo led

Condición actual del sistema de iluminación

Lámpara	Cantidad	[kW]	[kWh/mes]
Fluorescente 32W (120cm)	387	12,39	3910
Fluorescente 17W (60cm)	40	0,68	136
Fluorescente 40W (120cm)	165	6,60	2176
Fluorescente 105W (240cm)	26	2,73	423

Consumo total mensual: 6645 kWh/mes

Propuesta PHILIPS Master LEDtube T8

Lámpara	Cantidad	[kW]	[kWh/mes]
Led 14,5W (120cm)	387	5,61	1772
Led 7W (60cm)	40	0,28	56
Led 14,5W (120cm)	165	2,39	789
Led 35W (240cm)	26	0,91	141

Consumo total mensual estimado: 2759 kWh/mes

Porcentaje de ahorro 58,48%

Ahorro mensual de 3886 kWh/mes

Ahorro de 116,58 USD/mes

Ahorro anual de 1398,96 USD

Inversión de \$4556,98

29



Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de iluminación eficiente

Reemplazo de lámparas ahorradores por lámparas tipo led

Condición actual del sistema de iluminación

Foco	Cantidad	[kW]	[kWh/mes]
Ahorrador 23W	11	0,59	82,4
Ahorrador 85W	4		

Consumo total mensual: 82,4 kWh/mes

Propuesta PHILIPS CorePro LEDbulb

Foco	Cantidad	[kW]	[kWh/mes]
Led 12,5W	15	0,19	26,1

Consumo total mensual estimado: 26,1 kWh/mes

Porcentaje de ahorro 68,32%

Ahorro mensual de 56,3 kWh/mes

Ahorro de 1,69 USD/mes

Ahorro anual de 20,28 USD

Inversión de \$52,50

30



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de iluminación eficiente

Reemplazo de lámparas HID a lámparas tipo led

Condición actual del sistema de iluminación			
Lámpara	Cantidad	[kW]	[kWh/mes]
Foco ovoide 400 W	8	3,200	38,4
Consumo total mensual: 38,4 kWh/mes			
Propuesta Led High Bay			
Lámpara	Cantidad	[kW]	[kWh/mes]
Led 250W	8	2,0	24,0
Consumo total mensual estimado: 24,0 kWh/mes			

Porcentaje de ahorro 37,50%

Ahorro mensual de 14,4 kWh/mes

Ahorro de 0,43 USD/mes

Ahorro anual de 5,18 USD

Inversión de \$288,00

Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de iluminación eficiente

Al sustituir todo el sistema de iluminación actual a tipo led

Porcentaje de ahorro del 58,50%

Costo de la inversión total del sistema de iluminación tipo led

4897,48 USD

Entonces se logrará el siguiente ahorro de consumo de energía:

Ahorro mensual:

3958,57 kWh/mes lo que representa 118,76 USD

Ahorro anual:

47502,84 kWh/año lo que representa 1425,09 USD

Período de retorno de la inversión:

3,4 años



Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de control de iluminación

Sensores de movimiento

Condición actual del sistema de iluminación

Espacios	Carga [kW]	Horas aprox.	[kWh/mes]
Pasillos y escaleras	2,097	24	1509,64
Sanitarios	1,184	6,5	230,88
Recepción	1,642	24	118,22

Consumo aproximado total mensual: 1858,74 kWh/mes

Propuesta con sensores de movimiento

Espacios	Carga [kW]	Horas promedio	[kWh/mes]
Pasillos y escaleras	2,097	7,2	452,95
Sanitarios	1,184	3,2	113,66
Recepción	1,642	8	39,40

Consumo total mensual estimado: 606,01 kWh/mes

Porcentaje de ahorro 67,40%

Costo de la inversión

581,00 USD

Entonces se logrará el siguiente ahorro de consumo de energía:

Ahorro mensual:

1252,73 kWh/mes lo que representa 37,58 USD

Ahorro anual:

15032,76 kWh/mes lo que representa 450,98 USD

Período de retorno de la inversión:

1,3 años

33



Propuesta de mejora

Sustitución de motores actuales por motores de alta eficiencia

Área de clarificadores

Para el análisis se toma como referencia el motor que corresponde al área de clarificadores, siendo el análisis lo suficientemente general para aplicar a las demás

Motor	Marca	Potencia	Eficiencia	Tiempo operación día	Energía consumida por año
Motor estándar	Electromac S.A.	22 kW	85%	24 h	226729,41 kWh
Motor alta eficiencia	Baldor EM4104T-12	22 kW	93,6%	24 h	205897,43 kWh
Ahorro de energía anual					20831,98 kWh
Ahorro USD anual					624,96 USD

Motor de alta eficiencia	Valores
Costo (USD)	3699,36
Ahorro de energía por año (kWh)	20831,98
Ahorro (USD) por año	624,96
Tiempo de recuperación estimado en años	5,91

Porcentaje de ahorro del 9,19%

Propuesta de mejora

Sustitución de motores actuales por motores de alta eficiencia

Área de dispersores

Motor de alta eficiencia (89,1%)	Valores
Costo de inversión USD	11982,22 USD
Ahorro de energía anual kWh	14226,98 kWh
Ahorro USD anual	426,81 USD
Porcentaje de ahorro	4,60%
Tiempo de recuperación estimado en años	28,07 años

Alta eficiencia de 93,6%
recuperar la inversión en 5,91 años.

Eficiencia de 89,1%
recuperación se alarga a 29 años.

Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de autoconsumo

Sistema fotovoltaico conectado a red

Ubicación la
EPMAPS Bellavista

Irradiación global
diaria promedio

Coordenadas

Latitud (DD)	-0.1819041
Longitud (DD)	-78.462541
Altitud (m)	2972



Irradiación global promedio diaria kWh/(m² día)



Irradiación promedio 4,11 kWh/(m² día)

6h00 a 18h00

36



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de autoconsumo

Sistema fotovoltaico conectado a red

Capacidad nominal de instalación max

ARCONEL N° 042/18

$$Capacidad_{nom\ inst} = \frac{901128,28\ kWh}{0,2 \cdot 8760\ h} = 514,34\ kW$$

Azotea (247 m²)

Potencia = 25,71 kW

Factor de 10%

Potencia = 28,28 kW

Componentes seleccionados

Inversor 15 kW

$$N^{\circ}\ inversores = \frac{28,28}{15}$$

2 inversores

Panel solar 400 W

$$N^{\circ}\ paneles\ solares = \frac{28,28}{0,4}$$

72 paneles

Potencia pico = 28,80 kW

Arreglo fotovoltaico

9 en Serie

4 en Paralelo

Cada inversor
36 paneles

Consideraciones

Inclinación

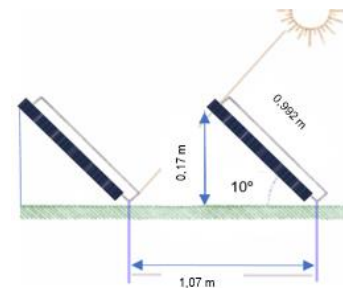
10°

Orientación

Línea ecuatorial

Distancia mínima entre paneles

1,07 m



Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de autoconsumo

Sistema fotovoltaico conectado a red

Comprobación del área

Área disponible azotea \geq
Área del campo fotovoltaico

$247 \text{ m}^2 \geq 237,13 \text{ m}^2 \checkmark$



Energía generada

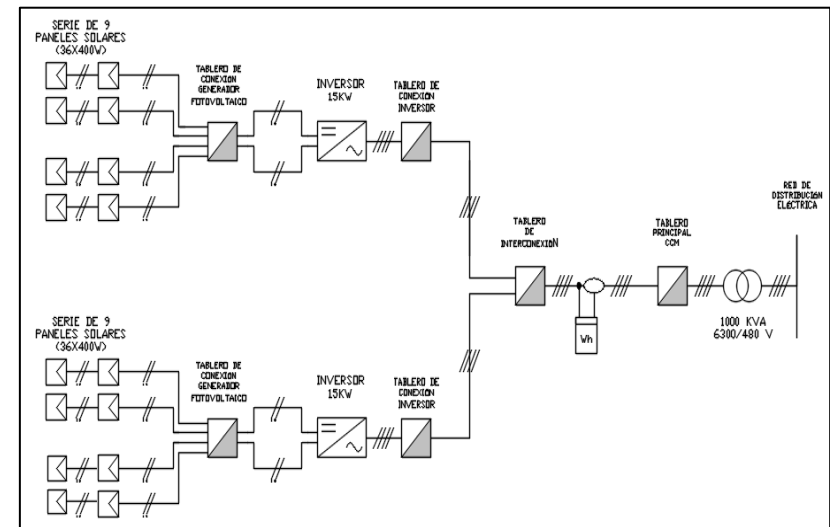
118,37 kWh/día

43204,32 kWh/año

Reducción de CO₂

26,23 ton CO₂ /año

188,09 USD/año



Esquema unifilar del sistema fotovoltaico conectado a red

38



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Propuesta de mejora

Implementación de un sistema de autoconsumo

Sistema fotovoltaico conectado a red

Se plantea dos escenarios A y B.

Proyección del costo de inversión en base al proyecto fotovoltaico el Aromo.

B es favorable, ahorro anual se duplica recuperación es de 9,6 años y a partir de ese año ya constituiría un ahorro.

Inversión	Capacidad	Energía diaria	
\$28800	28,40 kW	118,37 kWh/día	
Escenario	Costo USD/kWh	Ahorro USD/año	Periodo recuperación
A	0,03000	1296,13 USD	22,2 años
B	0,06935	2996,27 USD	9,6 años

39



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Propuesta de mejora

Concientización del personal

Un ahorro del 10% sin la necesidad de invertir

Sensibilizar sobre el ahorro a través de capacitaciones o instructivos

En zonas donde se tiene la presencia de luz natural es necesario mantener apagado las lámparas.

Los equipos que no se utilizan de manera constante evitar mantener conectado a la fuente de alimentación.

Cuando se abandone los espacios de trabajo es ineludible apagar el sistema de iluminación.

Optimizar el uso de los equipos eléctricos, evitando el consumo innecesario y aumentando la vida útil.

Suspender o apagar los equipos de oficina que no se utilicen en periodos prolongados.

$$\%CP = \left(\frac{\text{Número de personal capacitado}}{\text{Número de personal total}} \right)$$

8% a 10% - buena
4% a 7% - regular
< 4% - mala



Propuesta de mejora

Análisis económico de las alternativas de ahorro y eficiencia

Mejora en el sistema de iluminación

Periodos	Egreso	Ingreso	Flujo de caja neto	Valor actual
0	\$5.478,48		-\$5.478,48	-\$5.478,48
1		\$1.876,00	\$1.876,00	\$1.747,07
2		\$1.876,00	\$1.876,00	\$1.626,99
3		\$1.876,00	\$1.876,00	\$1.515,17
4		\$1.876,00	\$1.876,00	\$1.411,04
Valor actual neto (VAN)			\$821,79	
Tasa de interés de retorno (TIR)			13,89%	
Relación costo-beneficio (B/C)			1,15	

Adquisición de motores de alta eficiencia (clarificadores)

Periodos	Egreso	Ingreso	Flujo de caja neto	Valor actual
0	\$14.797,49		-\$14.797,49	-\$14.797,49
1		\$2.499,84	\$2.499,84	\$2.328,03
2		\$2.499,84	\$2.499,84	\$2.168,03
3		\$2.499,84	\$2.499,84	\$2.019,03
4		\$2.499,84	\$2.499,84	\$1.880,26
5		\$2.499,84	\$2.499,84	\$1.751,04
6		\$2.499,84	\$2.499,84	\$1.630,69
7		\$2.499,84	\$2.499,84	\$1.518,62
8		\$2.499,84	\$2.499,84	\$1.414,25
9		\$2.499,84	\$2.499,84	\$1.317,05
Valor actual neto (VAN)			\$1.229,50	
Tasa de interés de retorno (TIR)			9,31%	
Relación costo-beneficio (B/C)			1,08	

Propuesta de mejora

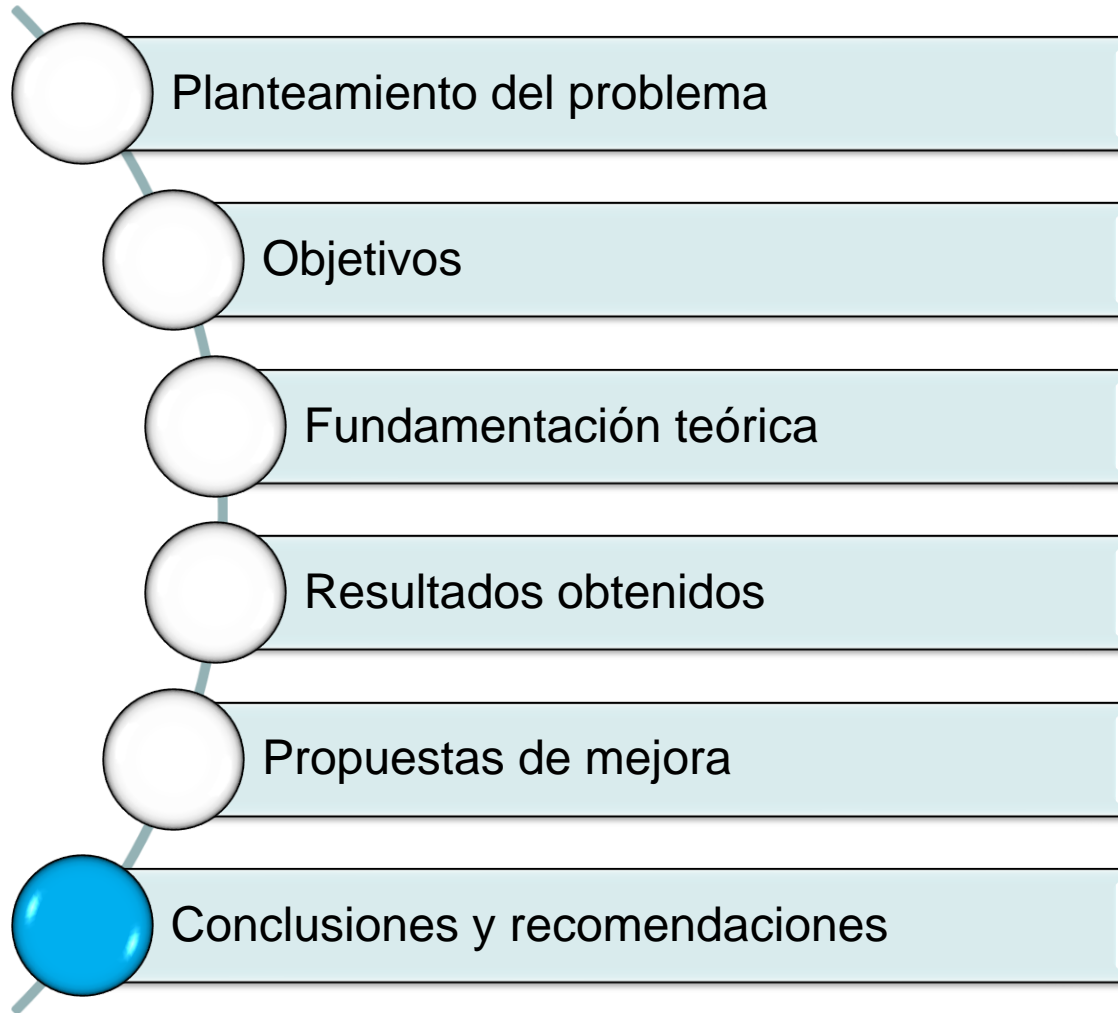
Análisis económico de las alternativas de ahorro y eficiencia

Sistema de autoconsumo

Periodos	Egreso	Ingreso	Flujo de caja neto	Valor actual
0	\$28.800,00		-\$26.000,00	-\$26.000,00
1		\$2.996,27	\$2.996,27	\$5.590,34
2		\$2.996,27	\$2.996,27	\$5.398,57
3		\$2.996,27	\$2.996,27	\$5.219,97
4		\$2.996,27	\$2.996,27	\$5.053,65
5		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.898,77
6		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.754,52
7		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.620,19
8		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.495,09
9		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.378,59

10		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.270,10
11		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.169,06
12		\$2.996,27	\$2.996,27	\$4.074,97
13		\$2.996,27	\$2.996,27	\$3.987,34
14		\$2.996,27	\$2.996,27	\$3.905,74
15		\$2.996,27	\$2.996,27	\$3.829,75
16		\$2.996,27	\$2.996,27	\$3.758,97
17		\$2.996,27	\$2.996,27	\$3.693,07
18		\$2.996,27	\$2.996,27	\$3.631,69
Valor actual neto (VAN)			\$3.330,40	
Tasa de interés de retorno (TIR)			9,13%	
Relación costo-beneficio (B/C)			1,02	

Agenda



Conclusiones

- La auditoría energética preliminar permitió obtener conocimiento de la situación actual en la que se encuentra la EPMAPS Bellavista para identificar oportunidades de ahorro, basadas en el uso eficiente de la energía, utilización de energía limpia y del manejo de tecnologías eficientes.
- Mediante la recopilación de información se realizó un inventario de activos de manera categorizada para conocer aspectos técnicos y de funcionamiento que permita contar con información actualizada a la EPMAPS Bellavista y de acuerdo al levantamiento de carga efectuado se logró identificar que los equipos de potencia son las cargas más representativas de la planta con el 89,57% en cuanto al consumo de energía, mientras que el sistema de iluminación y equipos de oficina representan el 8,30% y 2,13% respectivamente.
- De acuerdo al análisis de la facturación eléctrica permitió determinar que la energía consumida en promedio mensual por la planta es de 75094,07 kWh/mes, con una demanda promedio de 341,21 kW, con un índice energético del 0,011 kWh/m³, siendo menor con el 58% en comparación al sistema de bombeo de agua potable y saneamiento del municipio de México, concluyendo que el índice es aceptable.
- La cuantificación de consumo energético fue clave para identificar que las áreas de sopladores, bombas de lavado, clarificadores y dispersores corresponden a los usos significativos de energía ya que presentan equipos de gran capacidad que operan de manera constante y se incluye el sistema de iluminación por poseer aparatos de iluminación ineficientes con horas de servicio extendidas; dichos usos significativos representan el 71% de la energía consumida.

Conclusiones

- En base al análisis de operación de los parámetros eléctricos medidos mediante el analizador de redes AEMC 3945, se pudo constatar que los valores se encuentran dentro de los límites establecidos por normativas y estándares. Por otro lado el análisis en cuanto al sistema de iluminación mediante el luxómetro EXTECH 407026 se pudo constatar que el 88,5% del sistema cumplen con el nivel mínimo requerido de iluminación y tres de las áreas incumplen con un porcentaje pequeño de 3,5% del nivel mínimo requerido que puede ser mejorado mediante un mantenimiento en las luminarias.
- El sistema de iluminación es un escenario importante para obtener eficiencia y ahorro, por lo que se sugiere el reemplazo por tecnología tipo led obteniendo un ahorro significativo del 3958,57 kWh/mes lo que representa 118,76 USD/mes y se plantea el control de luminarias en áreas de poco tránsito obteniendo un ahorro de 1252,73 kWh/mes lo que representa 37,58 USD/mes. La implementación de estas dos propuestas tendrá una inversión de 5478,48 USD la cual se recuperará en 2,9 años sin tomar en cuenta las tasas de interés.
- Para mejorar la eficiencia energética se plantea la sustitución de los motores estándar con tecnología de los años ochenta por motores de alta eficiencia. En el área de clarificadores se justifica un ahorro energético del 9,19% lo que representa un ahorro de energía de 20831,98 kWh/año equivalente a 624,96 USD/año por cada motor, permitiendo recuperar la inversión en 5,9 años; de esta manera se da iniciativa al objetivo del Plan Nacional de Eficiencia Energética para el eje industrial logrando ser acreedores a certificados de ahorro, incentivos preferenciales de financiamiento, entre otros.

Conclusiones

- De acuerdo al análisis del potencial solar disponible en el sector el Batán, Parque Metropolitano de Quito cuenta con un valor óptimo de irradiación diaria para el respectivo aprovechamiento, para lo cual se propone el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de 28,8 KW con una generación de 43205,05 kWh de energía al año para abastecer una parte de la demanda de la planta y evitando reducir 26,23 toneladas de CO₂ al año, contribuyendo de manera significativa al medio ambiente y obteniendo un ahorro de 2996,27 USD/año.

Recomendaciones

- Para la implementación de la o las propuestas, se recomienda contar con el debido plan de mantenimiento permitiendo así alargar la vida útil de los equipos lo que garantizará un ahorro, eficiencia y sustentabilidad ambiental.
- Es muy importante crear conciencia sobre el impacto del ahorro energético, no solo en el ámbito económico sino por la responsabilidad que se tiene en cuánto a las futuras generaciones ya que si no se recurre a este tipo de políticas sobre el uso racional de la energía eléctrica difícilmente se tendrá una garantía a futuro de la demanda energética.
- En base a los resultados obtenidos del presente proyecto y de acuerdo a la fundamentación recopilada en el transcurso se recomienda realizar un estudio de calidad de energía con mención al comportamiento de la distorsión armónica de corriente respecto a la corrección del factor de potencia.
- Se debe realizar este tipo de auditorías energéticas cada cierto tiempo en las empresas permitiendo identificar como y donde está siendo utilizada la energía eléctrica para ver si se puede encontrar potenciales de ahorro o fomentar la eficiencia.
- Para la adquisición del financiamiento de las propuestas planteadas en el presente proyecto es necesario manejar la inversión con la menor tasa de interés posible para lograr un tiempo de recuperación menor al estimado.