

Make the most of your energy

電能管理系統之量測驗證範例 照明與空調控制

Performed by: 施耐德電機/ 吳建德

Date: 2012年8月27日



案例綱要

- > 背景說明
- > 量測驗證模式
- > 改善方法說明
- > 節能效益評估
- > 實際執行成效

背景說明

某大專學院行政大樓，樓層板面積共有4433m²。內設有辦公室、會議室、男女廁所



背景說明

● 建築架構

- **行政大樓一樓**:事務組、機房、銀行、收發室、諮詢台、公告欄、事務組組長室、保管組組長室、營繕組組長室、採購組組長室、採購組、文書組(含組長室)、環安中心、出納組組長室、出納組、總務長室、環安中心主任室、會議室、營繕組、保管組、廁所。
- **行政大樓二樓**:影印室、會計系統機房、會議室、會計室一、二組、三組、會計主任室、人事室、人事主任室、廁所。
- **行政大樓三樓**:檔案室、課務組、教學發展中心、教務長室、副教務長室、研發室、研發長室、副研發長室、研究發展室、招生組、註冊組、會議室、廁所。
- **行政大樓四樓**:研發處企劃組。

背景說明

行政大樓用電資訊

98年度電費總額為1,298,624 元正。(NT\$2.7/kWh)

位置	開關箱	用電範圍	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計
BF电站 內	電力盤	行政大樓 電力系統	21,840	23,640	24,720	25,680	26,040	32,280	37,836	30,540	32,556	24,840	24,840	19,920	324,732
BF电站 電燈盤 上	電燈盤	行政大樓 電燈系統	13,560	13,320	13,800	13,920	12,480	13,560	15,468	12,696	13,404	12,192	11,640	10,200	156,240
		合計	35,400	36,960	38,520	39,600	38,520	45,840	53,304	43,236	45,960	37,032	36,480	30,120	480,972
		電費	58,968	63,828	66,744	69,336	70,308	87,156	102,157	82,458	87,901	67,068	67,068	53,784	876,776
			36,612	35,964	37,260	37,584	33,696	36,612	41,764	34,279	36,191	32,918	31,428	27,540	421,848
		合計	95,580	99,792	104,004	106,920	104,004	123,768	143,921	116,737	124,092	99,986	98,496	81,324	1,298,624

背景說明

● 照明系統

- 辦公室基礎照明T8/9 40W×4型傳統安定器日光燈具計69盞，40W×1計112盞，40W×2計9盞。
- 20W×4型傳統安定器日光燈具計540盞，20W×1計23盞，照度約400~1500lux。
- PL型電子式安定器日光燈23W計40盞。
- 整棟建物尚有MR16鹵素燈50W計35顆。
- 三樓會議室有60W鎢絲燈泡61顆。

● 空調系統

- 全棟各處室安裝窗型或分離式冷氣，每台平均約6,300kcal/hr，共計102台。
- 校長室安裝5噸水冷式箱型冷氣機2台。
- 三樓會議室空調採用1台15噸氣冷式冰水主機和6台小型冷風機。

量測驗證模式

- 本量測與驗證專案以兩項次作業進行，一為**照明燈具與控制**，二為**空調冷氣機控制**，並依據**IPMVP選項B**作為量測與驗證模式。在進行節能效益評估之前，必須了解基準線、量測參數、約定參數、調整量、量測儀器與量測週期等項目之選用。

量測驗證模式-照明燈具與控制

- 基準線之訂定
- 基準線由業主與能源服務公司雙方同意，於各分電盤安裝多回路電錶，蒐集各分電盤照明回路用電，取得行政大樓改善前照明耗電度數。
- 參數之選用
- 量測參數：
 - 基線期：於各分電盤安裝多回路電錶，蒐集各分電盤照明回路用電，取得行政大樓改善前照明四週耗電度數，區分出其中行事曆工作日(20天)耗電數據，擷取每個行事曆工作日12小時(上午8時~下午8時)用電數據，計算出行事曆工作日每日平均耗電度數。
 - 第一次驗證：於各分電盤安裝多回路電錶，蒐集各分電盤照明回路用電，取得行政大樓改善後照明四週耗電度數，區分出其中行事曆工作日(20天)耗電數據，擷取每個行事曆工作日12小時(上午8時~下午8時)用電數據，計算出行事曆工作日每日平均耗電度數。
 - 後續驗證期：以第一次驗證日起往後推一年所有工作日，上午8時至下午8時總用電度數，計算得出每日平均耗電度數。

量測驗證模式-照明燈具與控制

- 參數之選用
- 約定參數：
- 操作時間：雙方約定改善前後量測四週所得到耗電度數，計算出每日平均耗電度數，再乘以98年度行事曆工作天數(253天)為照明系統基準線與改善後耗能量；後續驗證期使用全年度計算所得之每日平均耗電度數，乘以98年度行事曆工作天數(253天)為當年度照明系統改善後耗能量。
- 能源單價：以改善前一年的平均能源單價（元/kWh、元/L或元/m³），98年平均電價(2.7元/kWh)。
- 調整量：無。

▶ 量測驗證模式-照明燈具與控制

● 量測儀器與週期

- 量測儀器：電力品質測量電表(Schneider-Electric ION7550、PM710)，三相電力品質分析儀(CHAUVIN ARNOUX C.A 8332)，照度計(TENMARS TM-203)，多迴路電力品質測量電表(Schneider-Electric BCPM CT100A、CT400A)。

規格	ION7550	規格	PM710
廠牌	Schneider-Electric	廠牌	Schneider-Electric
名稱	電力品質測量電表	名稱	電力品質測量電表
電壓測試範圍	57~288 V	電壓測試範圍	50~277 V
電流測試範圍	1~	電流測試範圍	1~
精確度	±0.1%	精確度	±0.5%
校正日期/單位/報告編號	2010,Schneider-Electric	校正日期/單位/報告編號	2010,Schneider-Electric
			

▶ 量測驗證模式-照明燈具與控制

● 量測儀器與週期

規格	C.A 8332	規格	TM-203
廠牌	CHAUVIN ARNOUX	廠牌	TENMARS
名稱	三相電力品質分析儀	名稱	照度計
電壓測試範圍	600 V	測試範圍	0.01~200000Lux
電流測試範圍	2~3000VA	精確度	±2~±6%
精確度	±0.5%	校正日期/單位/報告編號	
校正日期/單位/報告編號	, SGS, ECAC0195710	規格	TM-203
			

量測驗證模式-照明燈具與控制

- 量測儀器與週期
- 量測方式：
 - 耗電率量測：安裝多回路電錶，蒐集各分電盤照明回路用電，並記錄於中央監控電腦。
 - 照度量測：將照度計置於每組燈具正下方且離地一公尺處量測，各點量測10秒，改善後之照度必須符合CNS國家標準。
 - 量測週期：使用數位電錶常態量測各盤面用電共**四週**。

辦公場所種類	照度(Lux)
走廊	100~200
廁所	100~200
書庫(檔案室)	150~300
辦公室	300~750
主管室(經理室)	300~750
會議室	300~750
倉庫(儲藏室)	75~150

量測驗證模式-空調控制

● 基準線之訂定

- 基準線由業主與能源服務公司雙方同意，於各分電盤安裝多回路電錶，蒐集各分電盤空調回路用電，取得行政大樓改善前空調耗電度數。

● 參數之選用

- 量測參數：

- **基線期**：於各分電盤安裝多回路電錶，蒐集各分電盤空調回路用電，取得行政大樓改善前空調四週耗電度數，區分出其中行事曆工作日(20天)耗電數據，擷取每個行事曆工作日12小時(上午8時~下午8時)用電數據，計算出行事曆工作日每日平均耗電度數。
- **第一次驗證**：於各分電盤安裝多回路電錶，蒐集各分電盤空調回路用電，取得行政大樓改善後空調四週耗電度數，區分出其中行事曆工作日(20天)耗電數據，擷取每個行事曆工作日12小時(上午8時~下午8時)用電數據，計算出行事曆工作日每日平均耗電度數。
- **後續驗證期**：以第一次驗證日起往後推一年所有工作日，上午8時至下午8時總用電度數，計算得出每日平均耗電度數。

量測驗證模式-空調控制

- 參數之選用
- 約定參數：
- 操作時間：雙方約定改善前後量測四週所得到耗電度數，計算出每日平均耗電度數，再乘以98年度行事曆工作天數，定義冷氣使用頻繁月份工作天數(108天)與非冷氣使用頻繁月份工作天數(145天)，得出改善前冷氣空調一年用電量(合計253天)為空調系統基準線與改善後耗能量；後續驗證期使用全年度計算所得之每日平均耗電度數，乘以98年度行事曆工作天數，定義冷氣使用頻繁月份工作天數(108天)與非冷氣使用頻繁月份工作天數(145天)，即為當年度空調系統改善後耗能量。
- 能源單價：以改善前一年的平均能源單價（元/kWh、元/L或元/ m³），98年平均電價(2.7元/kWh)。

量測驗證模式-空調控制

- 參數之選用

- 調整量：經使用單位定義冷氣使用頻繁月分爲108天，非冷氣使用頻繁月分爲145天，依據一年空調用電抄表記錄，使用頻繁月份與非頻繁使用月分每日差距364度，但此值爲24小時累計，故應先計算出約定差值(量測期間測得之每日24小時用電度數，擷取上午8時~下午8時用電度數再除以全天用電度數，得出上午8時~下午8時計12小時用電佔一天用電比例，再乘上364度，即得約定差值用電度)，將冷氣使用頻繁月分每日平均耗電度數減去約定差值，即爲非使用頻繁月份每日平均耗電度數。

量測驗證模式-空調控制

- 量測儀器與週期
- 量測方式：
 - 耗電率量測：安裝多回路電錶，蒐集各分電盤空調回路用電，並記錄於中央監控電腦。
 - 溫度量測：將溫度計置於已設冷氣機之房間，常態量測室內溫度變化，並回傳溫度資料至中央監控電腦，溫度定溫於28°C。
 - 量測週期：使用數位電錶常態量測各盤面用電共四週。

改善方法說明

- 電力監控
- 裝設多回路電錶於一、二、三樓(含四樓)分電盤內量測各回路電力數值。
- 透過Modbus RS485網路串接各個電錶，將各電錶電力數值回傳至中央監控系統伺服主機(BPS)。
- BPS主機紀錄並分析各電錶電力數值，從而獲得行政大樓電力需量分配狀況，進而調配設備系統最佳化操作，有效平均分配及控制電力需量。



改善方法說明

● 照明控制

- 於各樓層總計80個照明控制回路上安裝照明控制模組，架設C-Bus**照明控制系統**。
- 於大樓靠窗區域安裝**照度計**，照度計連結至C-Bus照明控制系統網路，回授自動管制照明控制回路。
- 於廁所及特定走道等區域裝設**紅外線移動感知模組**，控制該區域照明點滅，同時可時程設定照明開啓時間。
- 於各個照明按鈕開關更換為C-Bus開關按鈕，並可由**現場點滅**燈火，同時可於現場與遠端**顯示照明回路點滅狀態**。
- C-Bus照明控制系統可**經由中央監控系統伺服主機(BPS)操作管制**。



➤ 改善方法說明

● 空調控制

- 於冷氣電源及壓縮機線路上裝設輸出控制模組，可管制冷氣機電源及壓縮機，並將冷氣機和其壓縮機啓閉狀態回傳中央控制系統。
- 於各處室安裝溫度感知器，偵測室內溫度以管制冷氣機壓縮機啓停。
- 冷氣機可經由中央監控系統伺服主機(BPS)操作控制，並可利用BPS主機做時程管制冷氣機使用。



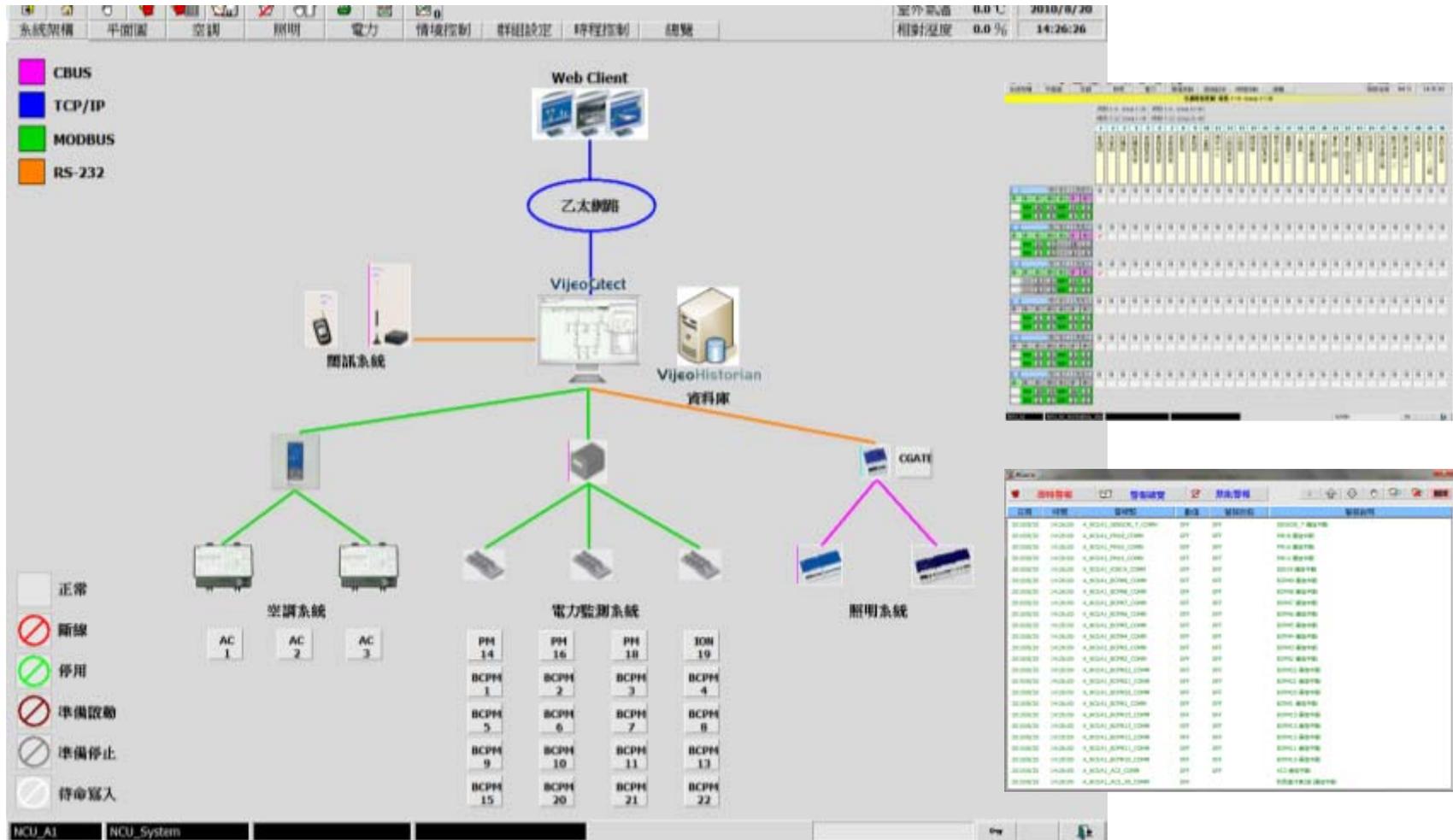
改善方法說明

● 中央監控軟體

- 採用施耐德旗下品牌Citec圖控軟體，可客制化開發各式軟體套件及報表。
- 收集各電錶電力數據並分析，再依需量設定值管制行政大樓照明及冷氣機使用。
- 具萬年曆功能，可設定照明及空調設備自動管制使用時間。
- 亦可手動操作管制照明電源及空調冷氣機壓縮機。
- 會議室預約登記使用時間，再行開放該會議室照明及空調冷氣機使用。
- 可設定各使用者權限及可操作時間，支援經由網頁瀏覽器網路遠端監控行政大樓設備及系統狀態。
- 可提供各種客制化報表，更可依台電尖離峰時間電價不同輸出行政大樓參考耗用電費報表。
- 具系統及設備故障訊息警報功能。
- 支援Modbus、BACnet、Lonworks、OPC等各種通訊協定及介面，方便整合其他樓宇、消防、門禁等系統。若廠商無開放通訊協定介面供整合，可請廠商提供該系統軟體之API或SDK供整合。

改善方法說明

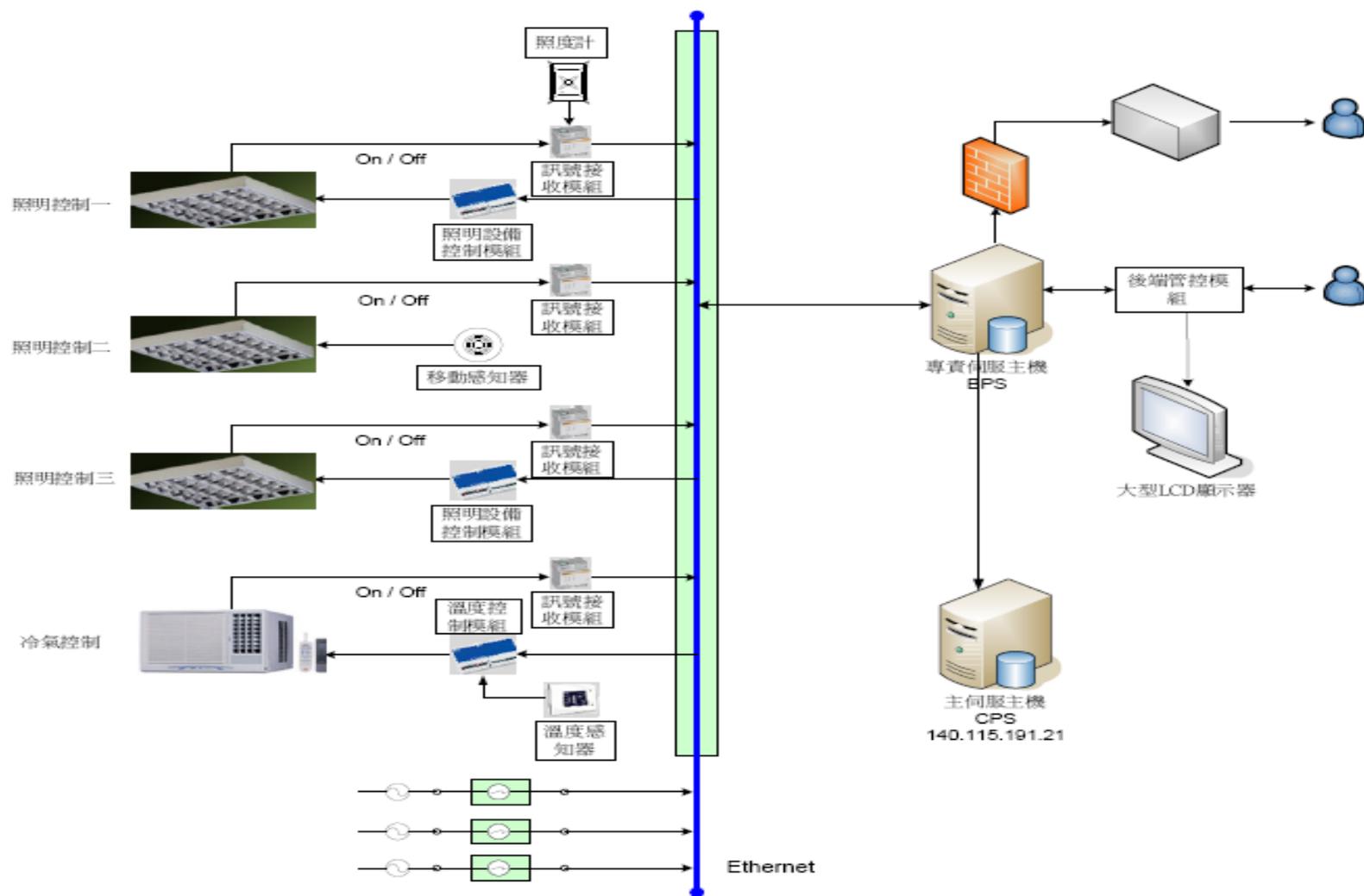
● 中央監控軟體



改善方法說明

- 節能燈具
- 將採4” x 2” T5燈管x 2及2” x 2” T5燈管照明燈具置換行政大樓現有4” x 2” 及2” x 2” T-BAR燈具。
- 以維持現有照度及人員舒適度為原則，但照度過亮區域將酌減照明燈具數量，但照度仍不高於法規規定辦公室照度標準照度值。

改善方法說明



節能效益評估

- 節能量=(改善前每工作天平均耗電 × 98年度行事曆總工作天數253天)－ (改善後每工作天平均耗電 × 98年度行事曆總工作天數253天)
- 將基準線耗電率(即改善前每天平均耗電乘上約定之253天)，減掉改善後耗電率(即改善後每天平均耗電乘上約定之253天)即可獲得節能量。由於本改善工程在改善前、後之靜態因子和獨立變數並沒有任何異動，因此調整量為零。
- (一)更換T5燈具：
 - 耗能由60544W/hr降為41968W/hr，節能率即 $[(60544W - 41968W)/60544W] * 100\% = 30.68\%$ 。

節能效益評估

- (二)使用IT技術，控制燈具的使用：
 - 以行政大樓4433m²的樓層板面積，適當流明500Lux/10*10m²計算，
 - $500\text{Lux}/10*10\text{m}^2*4433\text{m}^2=2216500\text{Lux}$ 為最適當總照度。但其中考慮現場使用者感受及舒適度，調整適當總照度因子23%，調整以2726295Lux為目標改善總照度。
 - 利用程序控制來將T5燈具維持在2726295Lux即可。
 - 以T5燈具照度=58(lm/m²),實際T5燈組總數共可產生總照度3990400Lux。
 - 只要以IT技術控制照度來計算，可省下約31.68%
 - $(3990400\text{Lux可產生之總照度}-2726295\text{Lux適當總照度})/3990400\text{Lux可產生之總照度}*100\%=31.68\%$

節能效益評估

- (三) 綜合照明節能率：

- 燈具更換節能率30.68%和利用IT技術排除人爲因素的節能率31.68%後，平均約可省下52.64%。
- $[(60544W - 41968W \text{ 更換燈具節能量}) + (41968W * 31.68\% \text{ 利用調整T5燈具數量節能量})] / 60544W * 100\% = 52.64\%$

節能效益評估

●(四)窗型冷氣機容量節能率預估：

- 換算行政大樓的面積 $4,433\text{m}^2=1,340.9825$ 坪。
- 每6坪使用 $3,024\text{kcal/hr}$ 來計算。
- 適當的窗型冷氣適當容量 $= (1,340.9825\text{坪}/6) * 3,024\text{kcal/hr}$
- $= 675,855.18\text{ kcal/hr}$
- 行政大樓現有窗型冷氣容量 $= 715,620\text{kcal/hr}$
- 多餘冷氣容量 $= 715,620\text{kcal/hr} - 675,855.18\text{ kcal/hr} = 39,764.82\text{ kcal/hr}$
- 可省下不用的冷氣容量佔總冷氣容量
- $(39,764.82\text{kcal/hr} / 715,620\text{kcal/hr}) * 100\% = 5.55\%$

節能效益評估

- (五)使用IT技術，控制窗型冷氣的使用：
 - 根據97年大氣溫度記錄：
 - 根據綠基會所撰辦公室節約能源手冊中描述，空調溫度以設定在26°C~28°C，且與室外溫差不要超過5°C為宜。而每調高一度約可省能8~10%。以IT技術加上感溫器將電源控制開啓在28°C，以參考97年度中央氣象局大氣溫度記錄，最高溫度大於29°C的天數共有118天，最高溫度超過26°C的天數共有141天。在以控制溫度上如果以28°C為控制電源啓閉條件的話，將會減少使用天數為37天。
 - 減少使用冷氣機的比率為 $(37\text{天}/141\text{天}) * 100\% = 26.24\%$

節能效益評估

- (五)使用IT技術，控制窗型冷氣的使用：

- 綜合窗型冷氣機節能率 = 使用容量節省率 + 冷氣機組電源啓閉產生的節用率 $5.55\% + 26.24\% = 31.79\%$

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計
氣溫 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 日數	0	0	0.3	1.3	7.4	23.6	30	28.7	19.2	6.6	0.6	0	118
氣溫 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 日數	0	0	0.2	4.2	13.2	26.4	31	30.9	24.2	10	0.8	0	141
最高日平均氣溫	18.8	18.7	21	25	28	30.8	32.7	32.2	30.5	27.5	25	21.3	26
最低日平均氣溫	12.7	12.7	14.9	18.5	21.2	24.3	25.4	25.3	23.5	21.3	18.2	15.2	19.4
平均日氣溫	15.3	15.3	17.6	21.5	24.4	27.4	28.7	28.3	26.6	24	21.1	17.9	22.3

節能效益評估

- (六)總節能率：

- 以98年行政大樓電力盤用電紀錄(324,732kWh/年)及電燈盤用電紀錄(156,240kWh/年)估算節能率，計算出照明與冷氣機總節能率約為38.56%。
- [82,245kWh(改善後照明52.64%節能率， $156,240\text{kWh} \times 52.64\% = 82,245\text{kWh}$) + 103,232kWh(改善後冷氣機31.79%節能率， $324,732\text{kWh} \times 31.79\% = 103,232\text{kWh}$)] / [156,240kWh(改善前照明總耗電) + 324,732kWh(改善前冷氣機總耗電)] * 100% = 38.56%

實際執行成效

設置完成後實際之規格與數量差異性比較表

品名	規格	燈具實際 竣工數量	改善前燈 具數量	差異
1. T-BAR	T5-14W*3	377	540	-163
2. T-BAR	T5-28W*3	42	69	-27
3. 日光燈	T5-14W*1	76	23	53
4. 日光燈	T5-28W*1	126	112	14
5. 日光燈	T5-14W*2	79	9	70
合計		700	753	-53

實際執行成效

設置完成後實際之規格與數量差異性比較表

品名	規格	冷氣實際 竣工數量	改善前冷 氣數量	差異
1. 窗型		61	61	0
2. 分離壁掛式		13	13	0
3. 分離吊隱式		6	6	0
4. 氣冷式冰機	15.6kW	1	1	0
5. 小型冷風機	0.14kW	6	6	0
合計		87	87	0

實際執行成效

- 依IPMVP節能量計算方程式:

- 節能量=(基準期能耗量 - 報告期能耗量) ± 調整量

- 因燈具使用皆為常態工作日內使用，每日開關時間與數量固定，並未因天氣、人員、業務變動而調整，故節能量公式之調整量為零

- 節能量=(改善前每工作天平均耗電 × 98年度行事曆總工作天數253天) - (改善後每工作天平均耗電 × 98年度行事曆總工作天數253天) ± 0

- 節能量=(375 kWh/天 × 253 天/年) - (180 kWh/天 × 253 天/年) = 94,875 kWh/年 - 45,540 kWh/年 = 49,335 kWh/年

實際執行成效

- 改善前後耗能比較表:

改善前後照明系統耗能					
數量(盞)	耗電度數(20 個工作天，每 天8~20時)	每個工作 天平均耗 電度數	年耗電度 數(253工 作天)	油當量	CO ₂ 排放量
	(kWh/4週)	(kWh/天)	(kWh/年)	(kloe)	(噸)
889	7,491	375	94,875	23.57	59.11
836	3,602	180	45,540	11.31	28.37

實際執行成效

- 依IPMVP節能量計算方程式:

- 節能量=(基準期能耗量 - 報告期能耗量) ± 調整量
- 因空調使用皆為常態工作日內使用，且量測期四周都介於夏季七、八月之間，期間每日外氣溫度變化不高，空調設備並未有顯著調整，故節能量公式之調整量為零
- 節能量=(改善前每工作天平均耗電 × 98年度行事曆總工作天數253天) - (改善後每工作天平均耗電 × 98年度行事曆總工作天數253天) ± 0
- 節能量=(827 kWh/天 × 253 天/年) - (541 kWh/天 × 253 天/年) = 209,231 kWh/年 - 136,8736 kWh/年 = 72,358 kWh/年

實際執行成效

- 改善前後耗能比較表:

改善前後空調系統耗能					
80台空調機 (窗型+分離式) 1台氣冷式冰 機 +6台小型冷風 機	耗電度數(20 個工作天，每 天8~20時) (kWh/4週)	每個工作 天平均耗 電度數 (kWh/天)	年耗電度 數(253工 作天) (kWh/年)	油當量 (kloe)	CO ₂ 排放量 (噸)
改善前合計	16,534	827	209,231	51.98	130.35
改善後合計	10,815	541	136,873	34.01	85.27

實際執行成效

節能績效彙整

- 量測期之總節能量 = 照明節能量 + 空調節能量
- = 49,335 kWh/年 + 72,358 kWh/年 = 121,693 kWh/年
- 總節能率計算:
- 總節能率 = 量測期總節能量 ÷ 量測期改善前耗能量 × 100%
- = 121,693 kWh/年 ÷ 304,106 kWh/年 × 100% = 40.02%
- 回歸計劃期間所量測之總耗能量，其節能量計算:
- 計畫期之總節能量 = 計畫期之總耗能量 × 總節能率
- = 480,972 kWh/年 × 40.02% = 192,485 kWh/年

實際執行成效

節能績效彙整

- 合計總節約用電量為192,485度/年，總節約率達40.02%，節約之能源費用為51.97萬元/年

節約電量(kWh)	192,485
節約油當量(kloe)	47.82
節約金額(元)	519,709.5
節約率(金額基準)	40.02%
節約率(節能量基準)	40.02%
CO ₂ 減量(噸)	119.92

Make the most of
your energy



TESA 