

→ biblioteca N 11

PESOPAC

*Sistema de registro continuo del PESO de PACientes
en su cama o sillón de diálisis con discriminación automática
de eventos ponderables.*

Proyecto y construcción de un prototipo de uso clínico para satisfacer los requerimientos del "Proyecto de fin de carrera" del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Estudiantes
Fiorella Haim
Rogelio Hernández
Rodolfo Suárez

Docentes
Prof. Agr. Ing. Franco Simini
Prof. Dr. Héctor Píriz

Núcleo de Ingeniería Biomédica
Facultad de Medicina y Facultad de Ingeniería
Universidad de la República Oriental del Uruguay
Hospital de Clínicas Av. Italia s/n. Tel 4871515 int. 2406
Montevideo Agosto 2001- Diciembre 2002.

Índice de contenidos

1. Generalidades	1
1.1 Especificaciones	1
1.2 Soluciones actuales	1
1.3 Solución propuesta	2
1.4 Partes de PESOPAC	3
2. Bases	5
2.1 Celdas	5
Análisis de Mercado	5
Estudio de pesos	7
Tipos de celdas de carga	8
Criterios de elección	10
Elección de celda de carga	12
Cajas sumadoras	12
2.2 Diseño mecánico	14
Características mecánicas	14
Planos	21
Elección de fabricantes de las bases	23
Diseño definitivo de las bases	26
Verificación de hipótesis	27
3. Estación PesoPac	29
3.1 Alternativas de diseño	29
Conversión A/D	29
Memoria	30
Comunicaciones	31
Elección de terminal inteligente	31
3.2 Circuito	33
Características eléctricas de la señal a adquirir	33
Posibles configuraciones del circuito	33
Análisis de requerimientos	34
Metodología para la evaluación de las distintas alternativas	34
Criterios para la elección de los componentes	35
Componentes preseleccionados para la realización de prototipos	36
3.3 Alternativa A	37
Especificación de circuito	37
Prueba de funcionamiento y de interfaz digital	38
Problemas de comunicación con el TI encontrados	41
Conclusiones Alternativa A	42
3.4 Alternativa B	43
Especificación de circuito	43
Prueba de funcionamiento y de interfaz digital	43
Conclusiones Alternativa B	46
Conversor $\Sigma-\Delta$	46

3.5 Comparación de alternativas y circuito final	47
Circuito final	47
Caja sumadora	48
Calibración	48
Fuente de alimentación	50
3.6 Criterios para reducción de ruido e interferencia	51
3.7 Caja exterior y agarres	52
4. Programa Estación PesoPac	55
4.1 Descripción del procesador y del entorno de desarrollo	55
4.2 Interfaz de usuario	59
4.3 Programa principal	63
4.4 Adquisición	68
Interfaz SPI	68
Programación de registros	71
4.5 Filtrado inteligente	75
4.6 Almacenamiento	77
Formato de archivos	77
Funciones	79
4.7 Comunicación TCP/IP	82
5. Programa Servidor PesoPac	85
5.1 Descripción general	85
5.2 Barra de botones	86
5.3 Ventanas	87
5.4 Bases de datos	90
5.5 Descarga de archivos	91
6. Pruebas	93
6.1 Protocolo de verificación de la Estación PesoPac	93
6.2 Protocolo de verificación del Servidor PesoPac	94
6.3 Protocolo de verificación del Circuito	95
6.4 Protocolo de verificación de las Bases	95
6.5 Resultados	96
Incertidumbre final	96
Pruebas de repetibilidad y filtrado	97
7. Manual de PesoPac	99
7.1 Introducción	99
7.2 Componentes	99
7.3 Instalación	101
7.4 Estación PesoPac	102
7.5 Servidor PesoPac	107
8. Gestión del proyecto	111

8.1 Tiempos y costos de desarrollo	111
8.2 Tiempos y costos de producción	114
8.3 Conclusiones	116
9. Consideraciones finales	117

Anexos

A Plan del proyecto
B Normas
C Hojas de Datos
D Folleto PESOPAC

Índice de figuras

1-1 Diagrama de bloques de PesoPac	3
2-1 Dimensiones de una cama	7
2-2 Esquema de fuerzas	7
2-3 Esquema de instalación de celda Shear Beam	8
2-4 Celda Shear Beam sin unión rígida	8
2-5 Esquema de instalación de celda de compresión	9
2-6 Celda de compresión sin unión rígida	9
2-7 Configuración básica de un sumador	12
2-8 Compensación de las celdas	13
2-9 Esquema de fuerzas	14
2-10 Diagrama de cortante	15
2-11 Diagrama de momento flector	15
2-12 Deflexión de la barra	16
2-13 Integral del momento flector	16
2-14 Deflexión de la barra	17
2-15 Esquema de la posición de los nervios	17
2-16 Posición de los tornillos	18
2-17 Esquema de fuerzas	18
2-18 Diagrama de cuerpo libre de la celda de carga	19
2-19 Plano de la base	21
2-20 Opción A de contención de la base	22
2-21 Opción B de contención de la base	22
2-22 Tope para opciones B y C de contención de la base	22
2-23 Opción C de contención de la base	22
2-24 Vista de los nervios	23
2-25 Perspectiva del diseño de una base de PESOPAC	26
2-26 Corte lateral de una base de PESOPAC	26
3-1 Diagrama de bloques alternativa A	37
3-2 Configuración para obtener medidas radiométricas	37
3-3 Diagrama de circuito Alternativa A	38
3-4 Diagrama de circuito 2 Alternativa A	39
3-5 Layout de circuito Alternativa A	40
3-6 Diagrama de circuito 3 Alternativa A	40

3-7 Diagrama del filtro pasabajos Alternativa A	41
3-8 Diagrama de bloques alternativa B	43
3-9 Diagrama de circuito alternativa B	44
3-10 Layout de circuito Alternativa B	44
3-11 Diagrama de circuito 2 Alternativa B	45
3-12 Layout de circuito Alternativa B	45
3-13 Esquema de funcionamiento de un convertor Σ - Δ	46
3-14 Layout de circuito final Alternativa B	47
3-15 Esquemático de caja sumadora	48
3-16 Ajuste por mínimos cuadrados de la calibración	49
3-17 Modelo eléctrico de disipación de calor	52
3-18 Diseño de la caja exterior de la estación PesoPac	53
4-1 Esquema del microcontrolador Rabbit 2000	55
4-2 Esquema de traducción de direcciones del Rabbit 2000	56
4-3 Segmentos de memoria	57
4-4 Conexión del OP6700 a la red	58
4-5 Diagrama de flujos de la adquisición	59
4-6 Diagrama de flujo de atención al menú	61
4-7 Ciclo de lectura al AD 7730	68
4-8 Ciclo de escritura al AD 7730	69
4-9 Pines del ADC AD7730	70
4-10 Diagramas de flujo de los ciclos de lectura y de escritura	70
4-11 Registros del AD 7730	71
4-12 Principio de funcionamiento del CHOP	72
4-13 Respuesta en frecuencia	73
4-14 Comparación de respuesta al escalón en modo normal y en modo FASTStep	73
4-15 Respuesta en frecuencia del segundo filtro con CHOP habilitado	74
4-16 Diagrama de flujo de la función adquirirDato()	74
4-17 Diagrama de procesamiento primario	75
4-18 Diagrama de procesamiento mejorado	76
4-19 Implementación del filtro	76
4-20 Diagrama de flujo de la función guardarPeso	80
4-21 Diagrama de flujo de la función GuardarArchivoEnFlash	81
4-22 Diagrama de flujo de la función crearArchivoEnFlash	82
5-1 Barra de botones comunes	86
5-2 Ventana de registro de paciente	87
5-3 Ventana de evolución de peso	90
5-4 Primer carilla del informe	91
5-5 Ventana conectar con estaciones	91
7-1 Bases	99
7-2 Estación PesoPac	100
7-3 Servidor PesoPac	100
7-4 Manual de usuario	100
7-5 Conexión de alimentación	101
7-6 Conexión de bases	101
7-7 Conexión de cable de red	101
7-8 Barra de botones comunes	107

7-9 Cuadro de diálogo al seleccionar traer datos	108
7-10 Ventana de registro de pacientes	109
7-11 Ventana de evolución de peso	110
8-1 Evolución de las horas de desarrollo de PESOPAC	112
8-2 Dedicación por rubro de desarrollo de PESOPAC	112

Índice de tablas

1-1 Comparación de propuestas en el mercado internacional	2
2-1 Comparación de celdas de carga de bajo error	6
2-2 Comparación de celdas de plataforma	11
2-3 Tabla comparativa de precios de fabricación y pintura de bases	25
3-1 Opciones de diseño	30
3-2 Comparación de terminales inteligentes	31
3-3 Características del OP6700	32
3-4 Requerimientos del circuito	33
3-5 Tabla comparativa de Conversores Análogo-Digitales	36
3-6 Tabla comparativa de amplificadores de instrumentación	36
3-7 Tabla comparativa de amplificadores operacionales	36
3-8 Tiempos de subida en distintas configuraciones	42
3-9 Prueba de linealidad	49
4-1 Tiempos a respetar en los ciclos de lectura/escritura del AD 7730	69
4-2 Parámetros del filtro digital	74
4-3 Bytes del encabezado de los archivos	78
4-4 Ejemplo de formato de archivo	78
4-5 Comparación de formatos de archivo	78
4-6 Funciones para transferencia de archivos	83
6-1 Resultados de las pruebas de PesoPac	97
8-1 Discriminación de horas de desarrollo del prototipo de PESOPAC según tareas y meses	110
8-2 Discriminación de horas según entregables	113
8-3 Costos de materiales para el desarrollo de PESOPAC	113
8-4 Costos de materiales para el prototipo de PESOPAC	114
8-5 Costos de componentes	115
9-1 Comparación de propuestas en el mercado internacional	118

Índice del disco compacto

Hojas de datos
Documentación
Programa estación PesoPac
Programa servidor PesoPac

1. GENERALIDADES

1.1 Especificaciones

El objetivo general de PESOPAC es determinar el peso de pacientes críticos, por ejemplo de CTI, centro de quemados o de diálisis y registrar su evolución sin moverlos. Variaciones en el peso de los pacientes reflejan variaciones en la cantidad de agua del organismo ya que 65% de su peso es agua. Estas variaciones de agua pueden indicar cambios en los tratamientos, en la aplicación de soluciones salinas, o diagnosticar enfermedades que se caracterizan por acumular líquidos en el cuerpo. Por otro lado, si bien resulta vital conocer la evolución del peso de los pacientes, no es conveniente moverlos justamente por encontrarse éstos en un estado crítico, por lo que se descarta la posibilidad de levantarlos para pesarlos en una balanza común.

Los objetivos específicos de PESOPAC son:

- medir el peso del paciente; en particular la información útil se encuentra sus variaciones, más que en su valor absoluto.
- discriminar entre variaciones del peso del paciente y otras alteraciones de la señal peso; el sistema debe eliminar las variaciones de peso atribuibles a otras causas.
- desplegar la información obtenida; el médico debe poder acceder fácilmente a los datos.
- almacenar los últimos datos; PESOPAC genera un informe para adjuntar a la historia clínica del paciente.

PESOPAC se enmarca en la asignatura Proyecto del Instituto de Ingeniería Eléctrica, por lo que el tiempo de desarrollo se ajusta a los 35 créditos de esta asignatura, o sea 1575 horas hombres entre los tres estudiantes. Otra limitación establecida antes de comenzar este proyecto fue su costo total, que no debería sobrepasar los U\$S 1500. El error máximo en las medidas de las variaciones de peso es de 200 grs.

1.2 Soluciones actuales

La necesidad de seguimiento del peso de un paciente en condiciones graves no es reciente, por lo que se han desarrollado distintas técnicas para conocer su evolución.

Actualmente en nuestro país se utilizan métodos indirectos de medición; se estima la pérdida de líquido debida a la transpiración, mediante tablas que toman en cuenta parámetros como la temperatura y el tipo de heridas, o se realizan balances anotando todo lo que ingiere y elimina el paciente. Durante la investigación preliminar del proyecto se encontraron dos camas adaptadas especialmente para alojar balanzas industriales. Una de ellas, de origen francés, está rota y no pudo ser reparada, la otra, de fabricación local no se usa porque le falta un transformador. Las camas fueron relevadas el 18 de octubre de 2001 en el CENAQUE (centro nacional de quemados) piso 13 del Hospital de Clínicas. Estas balanzas cuentan con un indicador de peso, que despliega el

peso actual, sin mayor procesamiento. No se almacenan los datos, no se procesan en forma inteligente, ni se generan informes.

En el mercado internacional se encuentran algunas propuestas que incluyen mayor flexibilidad, en el sentido que pueden utilizarse independientemente de la cama en la que se encuentra el paciente. Por otro lado, no se almacenan los datos, no se procesan en forma inteligente, ni se generan informes. Además los precios son sensiblemente altos para la realidad nacional. En la tabla 1-1 se resumen las características más representativas de las soluciones encontradas en Internet.

Marca	Seca¹	Detecto²	Acme³
Origen	UK	USA	USA
Capacidad (Kg)	500	272	272
Precisión (g)	50	100	45
Memoria	sí	no	no
Conexión	no	no	no
Inteligencia	no	no	no
Flexibilidad	alta	media	media
Peso (Kg)	25	alto	330
Informes	no	no	no
Precio FOB (U\$S)	5.026	3.700	4.350

Tabla 1-1 Comparación de propuestas en el mercado internacional
 1. www.seca.com/uk 2. www.itinscale.com 3. www.acmescale.com

1.3 Solución propuesta

PESOPAC (PESO del PACiente) es un sistema de medida de la evolución de la masa corporal de un paciente. Consta de: elementos pesantes, un medio de adquisición y despliegue del peso y su evolución, comunicación con la red hospitalaria y un programa para bajar esos datos, visualizarlos y realizar informes.

PESOPAC será utilizado para pesar un paciente en una cama o sentado en un sillón ya que los transductores o bases se colocan debajo de las patas del mobiliario. El seguimiento del peso se efectúa en forma inteligente, discriminando entre variaciones del conjunto cama – paciente propias del peso del paciente, de las originadas por el entorno, como por ejemplo: ropa de cama, objetos apoyados en la cama, o inclusive otra persona que se sienta en la cama. PESOPAC difiere del desarrollo de una balanza ya que es un equipo de uso clínico, diferente de la oferta de mercado.

1.4 Partes de PESOPAC

PESOPAC consiste en: 4 bases de acero que contienen celdas de carga, un circuito de adaptación de señal, un microcomputador con su programa, y el programa que se ejecuta en un PC de la red hospitalaria. En la figura 1-1 se presenta el diagrama de bloques de PESOPAC.

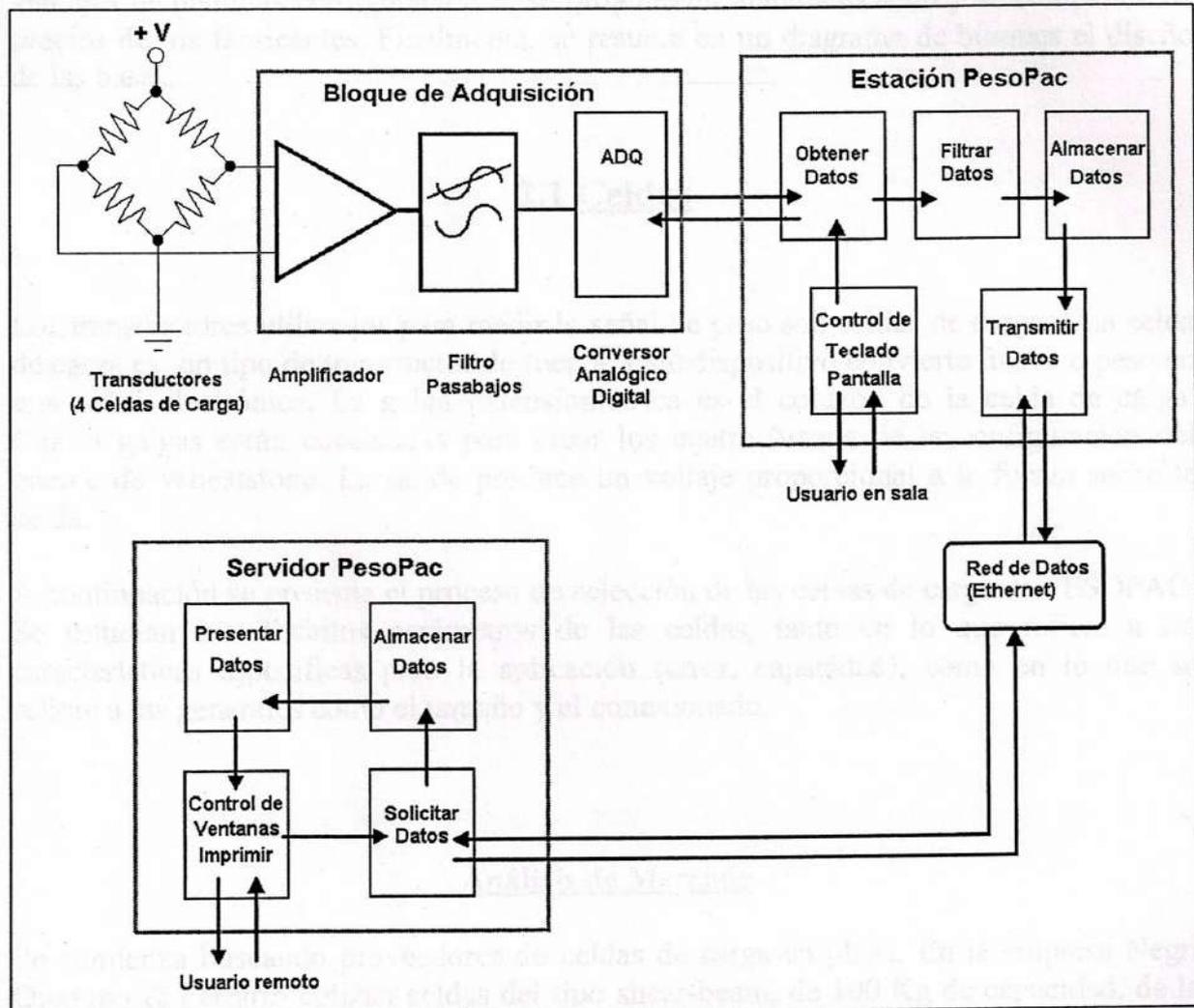


figura 1-1 Diagrama de bloques de PesoPac

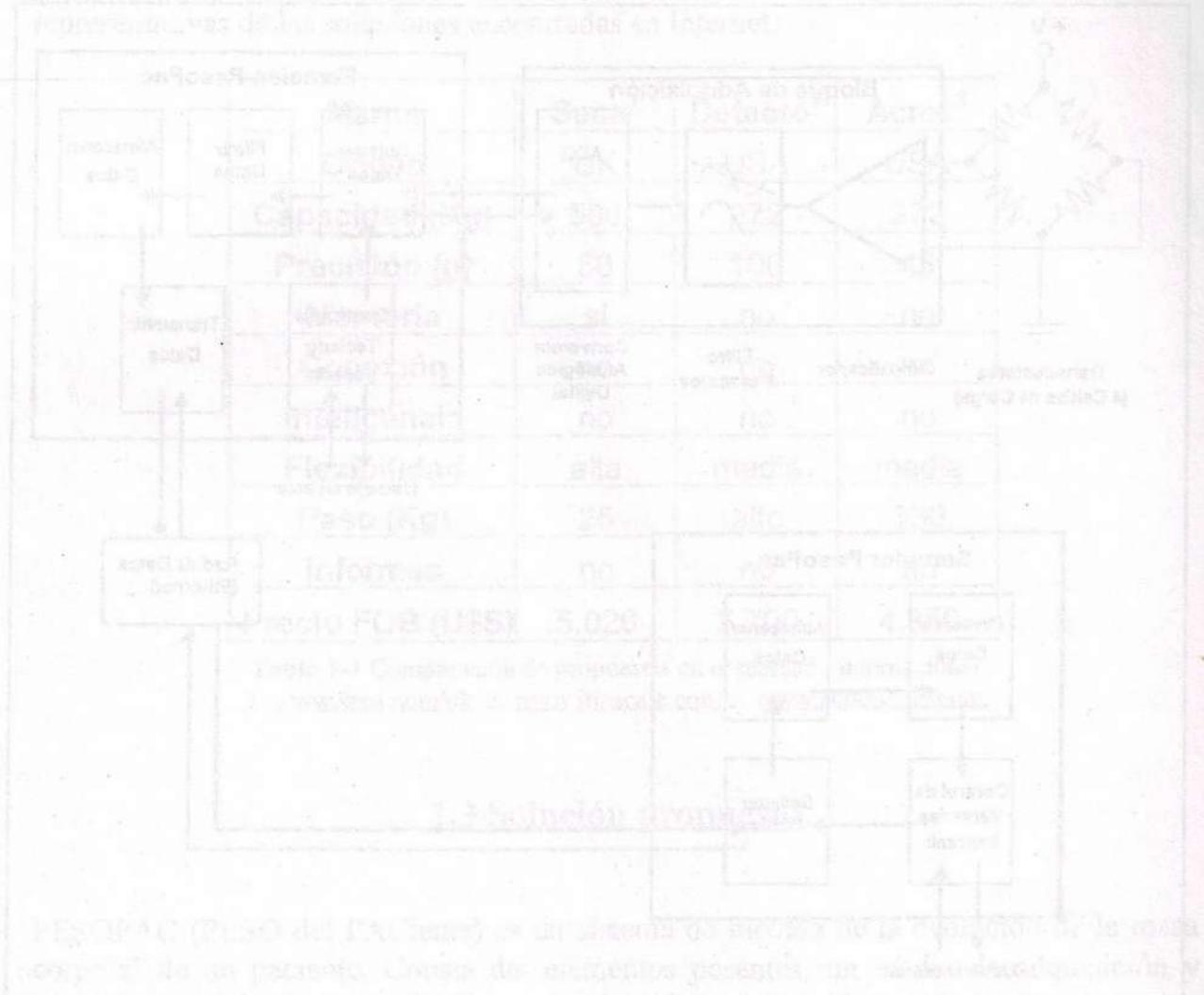
Los transductores convierten el peso en un voltaje del orden de micro voltios, utilizan galgas extensiométricas en una configuración de puente, que magnifica las variaciones de resistencia, ocasionadas por la deformación del cuerpo de la celda de carga. Estas variaciones de resistencia originan una señal en voltaje que varía linealmente con el peso. Se utilizan 4 celdas de carga, una en cada base, bajo cada pata de la cama.

El bloque de adquisición convierte la señal proveniente del transductor en una palabra digital, que puede ser procesada digitalmente en una etapa posterior. El componente principal de este bloque es un conversor analógico digital (ADC) de tipo sigma-delta de 24 bits. Este bloque se ubica físicamente en la caja de la estación PesoPac.

La estación PesoPac, ubicada en la cabecera de la cama, obtiene los datos del conversor a través de una interfaz serie (SPI). Luego filtra los pesos no atribuibles al paciente y almacena los datos relevantes en memoria. Además, despliega los datos en un display

de matriz de puntos de 4 líneas y 20 caracteres cada una y permite el ingreso de datos del paciente o la modificación de parámetros de funcionamiento mediante un teclado de 12 teclas. Por último, resuelve en forma automática las solicitudes de datos del Servidor PesoPac transmitiéndolos a través de la red de área local del hospital (ETHERNET).

El Servidor PesoPac, instalado en un PC remoto, solicita y recibe los datos a través de la red, los almacena en disco duro, y los presenta mediante gráficos configurables dentro de un informe clínico, el cual se puede imprimir.



Los transistores operan el peso en un voltaje del orden de unos pocos milivoltios. Este nivel de voltaje es necesario para la operación de los transistores de efecto campo (MOSFET) que se utilizan en los circuitos de salida de los convertidores de peso. El nivel de voltaje de salida de los convertidores de peso es de unos pocos milivoltios. Este nivel de voltaje es necesario para la operación de los transistores de efecto campo (MOSFET) que se utilizan en los circuitos de salida de los convertidores de peso. El nivel de voltaje de salida de los convertidores de peso es de unos pocos milivoltios. Este nivel de voltaje es necesario para la operación de los transistores de efecto campo (MOSFET) que se utilizan en los circuitos de salida de los convertidores de peso.