

TÍTULO: Disminución del índice de consumo de agua por caña molida en el central "Cristino Naranjo".

TITLE: Reduction in the Rate of Water Consumption per Unit of Milled Sugar Cane at "Cristino Naranjo" Sugarhouse.

AUTORES:

Ing. Luis Enrique Rodríguez González. Profesor Auxiliar (1)

Ing. Luis Enrique Vega Peña. Especialista en Proyecto (2)

PAÍS: Cuba

RESUMEN: Se presenta un conjunto de medidas, ejecutadas, en el central "Cristino Naranjo Vázquez", en el período de zafras desde 1998 hasta 2002, lográndose una disminución del índice de consumo de agua por caña molida desde 1,21 hasta 0,30 kg agua / kg caña. Se logra la reducción del costo de producción de cada 1 000 kg de azúcar en \$ 2.00 MN y se contribuye a la conservación del medio ambiente por reducción de tala de árboles como combustible adicional, menor consumo de aguas subterráneas en 524 643,29 m³, volumen que a su vez no se vierte como residual líquido, por lo que se evita la contaminación de la cuenca del río Cauto.

PALABRAS CLAVES: AGUA, CONSUMO DE AGUA, MEDIO AMBIENTE, CAÑA DE AZUCAR.

ABSTRACT: This paper presents a set of measures carried out at "Cristino Naranjo Vázquez" sugarhouse during the sugarmaking seasons of the years 1998 to 2002, decreasing the rate of water consumption per sugar cane from 1.21 to 0.30 water kg / cane kg. The production cost per each 1000 kg of sugar decreased in \$ 2.00 CUP, and fewer trees were cut down for additional energy, thus helping preserve the environment. Another achievement was less underground water consumption in 524643.29 m³. This volume was not spilled as residual liquid, therefore inflicting no pollution in the basin of Cauto River.

KEY WORDS: WATER, WATER CONSUMPTION, ENVIRONMENT, SUGAR CANE.

INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía y el óptimo aprovechamiento de las instalaciones fabriles, son en estos días palabras de primer orden para el desarrollo del país, relevante importancia tiene este aspecto cuando centramos los esfuerzos en esta importante industria.

En todas las fases del proceso tecnológico, es necesaria una alta eficiencia con el objetivo de lograr balancear energéticamente la industria.

Uno de los aspectos determinantes de la economía y aún más en los momentos actuales, lo constituye la carencia de portadores energéticos, por lo que todo trabajo encaminado al estudio de este aspecto es de suma importancia.

Cuba posee desventajas con respecto a otros países, ya que no presenta grandes reservas de portadores de energía, pero tiene a su favor que la industria azucarera y sus derivados, se autoabastecen con la propia materia prima.

La utilización de los condensados de retorno y los condensados vegetales (aguas condensadas procedentes del jugo de caña), permite recuperar energía calorífica, que se traduce en ahorro portadores energéticos, pero hay que considerar, además, el enorme peso que tiene desde el punto de vista de la conservación del medio ambiente, pues la combustión del bagazo como materia orgánica que es, retorna al medio la misma cantidad de dióxido de carbono que utilizó la caña para su desarrollo, mientras que los combustibles fósiles, como el petróleo y sus derivados, incrementan en gran medida el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera.

Por otra parte, un uso eficiente de los condensados, permite el autoabastecimiento con bagazo sin necesidad de recurrir a la leña y a la paja de caña, como combustibles adicionales; lo cual permite conservar las poblaciones boscosas que purifican el aire ambiental.

Si se tiene en cuenta que casi toda el agua del planeta es salada, el uso racional de las aguas subterráneas o superficiales, para fines industriales, también es un aspecto significativo desde el punto de vista medioambiental; aún más si ello repercute, directamente, en la cantidad de residuales líquidos que contaminan al medio.

El presente trabajo tiene como objetivo general, disminuir el índice de consumo de agua por caña molida en el central azucarero “Cristino Naranjo Vázquez”, del municipio Cacocum, en la provincia Holguín, el cual tiene una capacidad de molida de 239 583,33 kg/h (500 000 @/día). Como objetivos específicos, contribuir a la conservación del medio ambiente y reducir los costos de producción de azúcar.

MATERIALES Y METODOS.

Métodos de nivel Teórico.

1. Histórico – lógico:

Para el estudio de factibilidad económica, es necesario conocer los antecedentes del comportamiento del sistema a evaluar; tipología del equipamiento instalado, características técnicas del equipamiento existente, índice de consumo en meses y años anteriores, y toda una serie de información preliminar que conforman el historial del enclave.

2. Hipotético – deductivo:

A partir de la hipótesis planteada, se deduce e infiere el futuro comportamiento del sistema en estudio, es decir, los cambios o modificaciones de equipos o parámetros de funcionamiento del sistema puede traer aparejado mejoras

sustanciales del comportamiento del ciclo energético, lo que se traduce como mejoras económicas.

Para medir la efectividad de las medidas ejecutadas, se realizaron 90 mediciones sistemáticas de consumo de agua en las distintas zafras, con una frecuencia de 3 veces por día. Para ello, se interrumpía el abasto de agua a la industria y se medía el descenso del nivel de agua en la cisterna de almacenamiento, en un período de tiempo de 1 hora y teniendo como dato la molida se calculaba el índice de consumo.

Para evaluar los resultados, se tuvo en cuenta el índice de consumo de agua por caña molida, utilizando como comandos operacionales:

- Bueno: Cuando se disminuye el índice de manera significativa.
- Malo: Cuando no se disminuye dicho índice.

Métodos Empíricos.

1. Observación:

Es necesaria la evaluación técnica del equipamiento por simple inspección; así como su ubicación y posicionamiento dentro del sistema.

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal, en el central azucarero “Cristino Naranjo Vázquez”, que tomó como punto de partida los resultados de tres diagnósticos realizados en períodos consecutivos y la implementación de un plan de medidas con el objetivo de solucionar los problemas detectados. Posteriormente se realiza un balance energético de la industria y tomando como base sus resultados, se procede a la realización del balance de agua, que concluye en la existencia de posibilidades para disminuir el índice de consumo de agua industrial.

En el período de estudio se realizaron 3 cortes observacionales, para cuantificar la disminución del consumo de agua, en los que fueron implementadas las soluciones, teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Posibilidad real de aplicación.
- Repercusión en la disminución del mencionado índice.

RESULTADOS DEL TRABAJO

En el diagnóstico se reflejaron las pérdidas más importantes y su localización; las que se relacionan a continuación.

1. Pérdidas debido a la falta de organización y control de las operaciones de distribución y usos de las aguas.
2. Pérdidas de condensado caliente en los toma muestras de las líneas del sistema centralizado de control de los condensados.

3. Pérdidas de condensado caliente en toma muestras de los calentadores de jugo del otrora sistema descentralizado de control de condensados.
4. Pérdidas de condensado por flasheo, en la descarga de condensado del sistema presurizado hacia el tanque de reserva.
5. Pérdidas de condensado caliente por tomas intermedias, derivadas de las líneas de condensado que van desde los equipos tecnológicos hacia el sistema centralizado de control de condensados.
6. Pérdidas de condensado caliente por deficiente estado técnico de las válvulas del sistema centralizado de control de condensados.
7. Deficiente sistema de bombeo para realizar el tratamiento interno al agua de calderas.
8. Descompensación de presiones en las bombas de evacuación de condensado del vaso 2 del cuádruple D y de los calentadores primarios.
9. Existencia de sistema de enfriamiento abierto y con agua cruda para compresores de aire.
10. Existencia de sistema de enfriamiento abierto y con agua cruda para las bombas de alimentar calderas.
11. Existencia de tuberías de rebozo, individuales, en los tanques de condensado caliente para uso de los filtros de cachaza y para uso de los tachos.
12. Necesidad de mezclar condensado y agua cruda para disminuir la temperatura del agua de imbibición y centrífugas.
13. Existencia de sistema de enfriamiento abierto y con agua cruda para enfriamiento de las chumaceras de los molinos.
14. Pérdida de condensado caliente por rebozo, casi permanente, en el tanque de imbibición.
15. No utilización de condensados con ligeras trazas de azúcar en alimentación de calderas.

Medidas ejecutadas para resolver los problemas diagnosticados.

Teniendo en cuenta los criterios de inclusión, se definieron 3 etapas de evaluación de los resultados del trabajo o cortes observacionales, los que a continuación se detallan.

Primer corte observacional (Zafra 1999 – 2000).

Establecimiento de un sistema de coordinación y control en la distribución y uso de los condensados.

Se establecieron modelos para el control de la calidad y distribución de las aguas, en el sistema centralizado de control de condensados y en el laboratorio de aguas, lográndose incorporar un sistema coordinado de trabajo entre los puestos relacionados con la actividad. Ver anexo 1.

Aprovechamiento del condensado expulsado por los toma muestras de las líneas del sistema centralizado de control de condensados para uso de los filtros de cachaza.

Se instaló un sistema para la recolección del referido condensado con descarga hacia el tanque de condensado para el uso de los filtros de cachaza, con el que se recupera alrededor de 6 000 kg/h y no se necesita incorporar ninguna línea adicional. Ver anexo 2.

Eliminación de pérdidas de condensado en toma muestras de los calentadores de jugo del otrora sistema descentralizado de control de condensados.

Se eliminaron dichos toma muestras, que solo existían para ayudar a evacuar el condensado, pues las bombas tenían estrangulación en la tubería de descarga y con ello se recuperan 10 000 kg/h de condensado, la solución para la total evacuación con las bombas fue eliminar dicha estrangulación.

Recuperación del vapor que flashea, en la descarga de condensado del sistema presurizado hacia el tanque de reserva.

Se construyó un sistema distribuidor de condensado sobrante, en el interior del tanque de reserva de condensado, el cual se encuentra sumergido y logra la condensación del vapor que flashea por el cambio de presión existente entre el sistema presurizado y el tanque de reserva a presión atmosférica. Este sistema contiene un tubo bajante de DN 250 (10") de diámetro y 7 tubos de DN 80 mm (3") de diámetro perforados en línea recta en su parte superior horizontal, por el que descarga la mezcla de condensado y vapor. Ver anexo 3.

Segundo corte observacional (Zafra 2000 – 2001).

Eliminación de las tomas de condensado intermedias, derivadas de las líneas de condensado que van desde los equipos tecnológicos hacia el sistema centralizado de control de condensados.

Teniendo en cuenta la tendencia actual, que consiste en la centralización de las líneas de condensado y la existencia de dichas tomas, se procedió a la eliminación de las mismas, pues provocaba la pérdida de grandes volúmenes de condensado, ya que el mismo retrocedía por la misma línea, desde el colector de condensado para uso de calderas, junto al condensado del equipo en cuestión, hasta el tanque elevado para uso de los tachos.

Mejoramiento del estado técnico de las válvulas en el sistema centralizado de control de condensados.

Se comprobó el estado técnico de 41 válvulas existentes en dicho sistema, reparando ó sustituyendo, según el caso, las que presentaban desperfectos técnicos. La comprobación se realizó de manera sencilla, sin sacar las válvulas del sistema. Para ello, se colocaron registros de inspección debajo de cada válvula inferior, se bombeó agua cruda hacia los colectores de condensados superiores, manteniéndose cerradas todas las válvulas del sistema, exceptuando la válvula inferior de la línea que se estuviese comprobando, si a través del registro se observaba el paso de agua, significaba pase en la válvula superior y así se hizo en cada línea. Para comprobar el estado técnico de cada válvula inferior, se cerraron todas las válvulas del sistema, exceptuando la

válvula superior de la línea en cuestión y observando a través del registro el paso ó no de agua. En otras palabras el sistema centralizado de control de condensados se convirtió en un banco de prueba. Ver anexo 2.

Mejoramiento del sistema de bombeo para realizar el tratamiento interno al agua de calderas.

En primer lugar, se trasladó dicho sistema hacia un lugar de fácil acceso y control, se instaló una bomba centrífuga Marca: C.R.V.L con DN 48,3 mm en la descarga, capaz de garantizar el producto químico necesario, en caso de contaminaciones azucaradas intensas ó reposición de gran cantidad de agua cruda a las calderas, manteniéndose las ya instaladas bombas de pistón para garantizar las dosis mínima que mantiene en valores estables los distintos parámetros de calidad del agua de calderas. Se logró mantener los valores de PH en norma y con ello lograr la precipitación de sales incrustantes, sin necesidad de aplicar los fosfatos comúnmente usados en el tratamiento interno a las aguas de calderas.

Tercer corte observacional (Zafra 2001 – 2002).

Instalación de tuberías de compensación en los casos de las bombas de evacuación de condensado del vaso 2 del cuádruple D y de los calentadores primarios.

En el caso de las bombas de evacuación de condensado del vaso 2 del cuádruple D y los calentadores primarios, no eran lo suficientemente capaces de evacuar todo el condensado, por lo que durante 12 h diarias, aproximadamente, se mantenían sus condensados desalojando para la zanja. Para compensar la falta de capacidad de bombeo de las mismas, se instalaron tuberías de compensación en cada bomba, con lo cual se solucionó dicha dificultad.

Los calentadores primarios aportan 22 000 kg/h de condensado y 20 000 kg/h el vaso 2 del cuádruple efecto, para un total de 42 000 kg/h durante la mitad del día. (Recuperación promedio de condensado 21 000 kg/h).

Instalación de un sistema de enfriamiento cerrado para compresores de aire, que utiliza el agua tratada de rechazo de los turbogeneradores.

El antiguo sistema abierto y con agua cruda para el enfriamiento de los compresores de aire, se sustituyó por un sistema cerrado y con agua suavizada, proveniente del rechazo del sistema de enfriamiento de los turbogeneradores. El ahorro es, aproximadamente, 10 000 kg/h, además del aporte en calidad de agua utilizada, que garantiza la no formación de incrustaciones. Ver anexo 5.

Instalación de la descarga de agua de enfriamiento cruda, de las bombas de alimentar calderas hacia el enfriadero de los condensadores.

El rechazo de agua cruda de enfriamiento de las bombas de alimentar calderas, que anteriormente se descargaba hacia la zanja, ahora descarga

hacia el enfriadero de los condensadores del área de fabricación, con lo que se repone la ya contaminada con la limpia del mencionado sistema de enfriamiento. En éste caso, se ahorran 15 000 kg/h de agua cruda.

Instalación de la tubería de rebozo del tanque de condensado para uso de los filtros de cachaza hacia el tanque de condensado para uso de los tachos.

Con anterioridad, mientras el tanque de condensado para los filtros de cachaza rebozaba constantemente, el tanque de condensado para uso de los tachos se encontraba en ocasiones vacío, por lo que se dirigió el rebozo del primero hacia el segundo, mejorando significativamente la situación y siendo menor la frecuencia de puesta de condensados no contaminados para uso de los tachos, lo cual garantizó incrementar las reservas de condensado para el uso de calderas. Ver anexo 4.

Instalación de sistema de abastecimiento de condensado para uso de centrífugas e imbibición.

Para la imbibición y la purga, anteriormente se usaba condensado de forma desordenada, pues existían tomas intermedias que dirigían el condensado sin pasar por el sistema centralizado, desbordándose dichos tanques de reserva hacia la zanja.

Se creó un sistema centralizado de condensado para ambos usos que alimenta, primeramente, al tanque de centrífugas y su rebozo constante alimenta al tanque de condensado para uso de imbibición. En éste sistema, se seleccionaron los equipos que aportan condensado de menor temperatura, por lo que la adición de agua cruda para lograr los 60 oC necesarios, es menor, además de erradicarse las pérdidas de condensado por retroceso a través de las líneas intermedias. En éste caso, se ahorran alrededor de 23 000 kg/h de agua cruda.

Instalación de un sistema de enfriamiento cerrado y de agua cruda para enfriamiento de las chumaceras de los molinos desde y hacia la cisterna de almacenamiento.

Para el enfriamiento de las chumaceras de los molinos existe un tanque con capacidad de 10 , el cual era alimentado constantemente sin válvula flotante, provocando un desbordamiento continuo de 50 de agua cruda. Para eliminar dichas pérdidas se estableció un sistema de enfriamiento cerrado desde y hacia la cisterna de agua cruda, usando tubos de calderas desechados de 75 mm de diámetro.

Instalación de 2 toma muestras en el tanque de imbibición, visibles desde el sistema centralizado de control de condensados, para evitar pérdidas por rebozo.

Con el objetivo de operar desde el sistema centralizado de control de condensado, se instalaron 2 toma muestras en el tanque de condensado para la imbibición, uno al tope máximo superior del tanque y el otro a 250 mm por

debajo del primero. Ambos de forma horizontal y visibles desde el mencionado puesto, lo que permite conocer el nivel aproximado del tanque sin que éste se desborde.

Utilización de condensados con ligeras trazas de azúcar, siempre que no se alterara la calidad del condensado para uso de calderas.

La ausencia de un foto colorímetro en el sistema centralizado de control de condensados, para realizar los análisis de azúcar cuantitativa, hizo necesario la utilización de un método práctico que permite utilizar condensados no muy azucarados para la alimentación de calderas, sin que ello disminuya la calidad de los mismos. El método práctico consiste en chequear el condensado que se está enviando para las calderas y si éste tiene la calidad requerida, pero no es el suficiente para abastecer, se procede a identificar de los condensados contaminados, el de menor concentración de azúcar por el método cualitativo, se procede a la puesta del mismo hacia la alimentación de calderas y de inmediato se vuelve a chequear el toma muestra general para uso de calderas. Si éste no aporta condensado con trazas, se mantiene el equipo en línea y si fuera necesaria una nueva incorporación, se repite la operación. Si aparecieran trazas de azúcar perceptible, entonces se procede a sacarlo de línea.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En el gráfico # 1, se muestra la disminución del índice de consumo de agua por caña molida, durante el período establecido, para cada corte observacional. Para el primer corte disminuyó desde 1,21 como valor inicial, pasando por 1,13, luego en el segundo corte se concluye con un índice de 0,98, hasta llegar a 0,30 al final del tercer corte.

En la tabla # 1, se muestra el ahorro de recursos obtenido con la aplicación del trabajo y su cuantificación monetaria, lo que demuestra la importancia del aprovechamiento eficiente de los condensados en una industria. El condensado supera al agua de reposición en calidad y valor energético, pues restituye parte de la energía térmica contenida en el vapor directo generado por las calderas. Ello garantiza el alargamiento de la vida útil de distintos equipos, debido a la pureza del agua de alimentación, además se necesita menor calor sensible para lograr la temperatura de ebullición del agua en el interior de la caldera, por lo que se requiere menor cantidad de bagazo combustible. Por otro lado la calidad de los condensados permite disminuir la frecuencia de las extracciones a las calderas, por lo que las pérdidas energéticas y de agua por dicho concepto disminuyen. Una menor reposición con agua tratada disminuye los costos en la generación por menor consumo de productos químicos para el tratamiento, menor consumo de electricidad en bombeo y funcionamiento de equipos en la planta de tratamiento de agua.

Disminución del índice de consumo de agua por caña molida en el central "Cristino Naranjo".

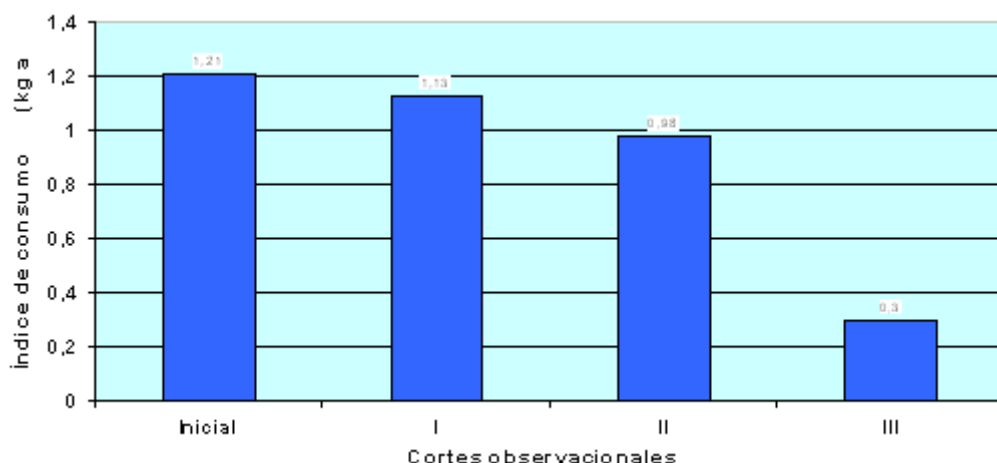


Gráfico 1. Índice de consumo de agua por caña molida.

Elementos ahorrados.	Cantidad. (miles de kg)	Ahorro monetario (\$ MN)
Bagazo Vendido.	3 754,85	62 893,74
Bagazo Insumo.	4 384,24	25 876,02
Hidróxido de Calcio.	133,67	14 335,73
Sulfato de Alúmina.	3,20	958,67
Cloruro de Sodio.	101,80	1 876,33
Electricidad.	297,22 MWh	13 969,34
Agua Cruda.	524 643,29 m ³	6 558,04
Total		126 467,87

Fuente: Datos del Autor.

Tabla 1. Ahorro de recursos y valores monetarios

En la tabla # 2, se muestra el efecto económico del trabajo, el cual refleja el considerable ahorro que se logra al aplicar las medidas propuestas, obteniéndose un ahorro monetario total de \$ 126 467,87 MN. Los costos en la realización del trabajo estuvieron determinados por salarios y recursos materiales, en su mayoría racionalizados en algunos sistemas y trasladados a otros, así como material para soldadura y oxicorte, representando \$ 1 818,56 MN y como resultado final se logra un efecto económico de \$ 124 649,31 MN en cada zafra.

Efecto económico.	Valores. (\$ MN).
Ahorro monetario total.	126 467,87
Costo total de inversión.	1 818,56
Aporte económico.	124 649,31

Fuente: Datos del Autor.

Tabla 2 . Resultados económicos

CONCLUSIONES

- 1- Se logró la disminución del índice de consumo de agua por caña molida desde 1,21 hasta 0,30, representando un ahorro de 524 643,29 m³ de agua.
- 2- Desde el punto de vista de la conservación del medio ambiente, se dejan de quemar 8 139 090 kg de bagazo, lo que implica no tener que talar árboles como combustible adicional y al dejar de consumir los 524 643,29 m³ de agua cruda, se logra un menor agotamiento de las reservas de aguas subterráneas y menor flujo de desechos líquidos calientes vertidos a la zanja, por lo que ello contribuye a la no contaminación de la cuenca del río Cauto. Pequeñas cantidades de residuales líquidos calientes, destruyen vectores causantes de enfermedades como mosquitos, moscas, roedores y microorganismos patógenos presentes en la zanja a cielo abierto y además la fetidez del aire. Grandes cantidades de estos residuales pueden causar destrucción de la flora y fauna del entorno.
- 3- El efecto económico fue de \$ 124 649,31 MN, lo cual representa una disminución del costo de producción de cada 1 000 kg de azúcar en \$ 2,00 MN.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, a pesar de que el trabajo contiene varias soluciones específicas, aplicarlo en otros centrales azucareros que presenten alto índice de consumo de agua.
- Lograr una centralización total del sistema de abastecimiento de agua cruda a la industria, así como de su distribución para el consumo.
- Continuar trabajando en aras de seguir disminuyendo el mencionado índice.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Sistema de utilización del calor / Rubén Espinosa... [et al]. La Habana: Edición Revolucionaria, 1984. 224 p.
- 2- García López, Ferrer. El Proceso de fabricación de azúcar crudo en los tachos. La Habana: Editorial Ciencia y Técnica, 1969. 352p.
- 3- Hugot, E. Manual para Ingenieros Azucareros. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1980. 803p.
- 4- Spencer, Heade. Manual de azúcar de caña. La Habana: Edición Revolucionaria, 1967.
- 5- Keenan, Joseph H. Steam tables and Mollier diagram. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1975. 156 p.

DATOS DE LOS AUTORES

Nombre:

Ing. Luis Enrique Rodríguez González. Profesor Auxiliar (1)

Ing. Luis Enrique Vega Peña. Especialista en Proyecto (2)

Correo:

luise@facinf.uho.edu.cu

inelhol@hol.une.cu

Centro de trabajo:

(1) Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Avenida XX Aniversario, Piedra Blanca, Holguín, CP 80100

(2) INEL. Empresa de Ingeniería y Proyecto de la Electricidad. Calle Narciso López, Nro. 135, % Arias y Aguilera, Holguín, CP 80100