
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002						
	CLIENTE: RES/EE		FOLHA: 1 de 16						
	PROGRAMA: QUALIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS								
ÁREA: ELEVAÇÃO E ESCOAMENTO									
RES/EE	TÍTULO: REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1						
			RES/EE						
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU PÁGINAS REVISADAS								
0	Emissão Original								
A	<p>Alteração do título da ET;</p> <p>Alterações no item “5 – Requisitos Gerais”;</p> <p>Inclusão de algumas observações.</p>								
B	<p>Alterações do item “1- Apresentação”</p> <p>Inserido “doravante”</p> <p>Alterações no item “5 – Requisitos Gerais”;</p> <p>Exclusão das observações inseridas na revisão A.</p> <p>Inserido no item 5.1 – “nesta ET”</p> <p>Alterações no item 5.2 - incluído “disponibilizado pelo fornecedor interessado”</p> <p>Inseridos no item 5.5 - “a Petrobras emitirá” “reunindo todos os” “fornecidos pelo fabricante”</p> <p>No item 7, o <i>surge test</i> foi retirado, foi revisado o teste de descargas parciais e o teste de rigidez dielétrica foi renomeado para teste de propriedades físico-químicas do óleo isolante e revisto.</p>								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	15/10/2018	04/12/2018	18/09/2019						
PROJETO									
EXECUÇÃO	WMDL	VM98	WMDL						
VERIFICAÇÃO	VM98	WMDL	CQT1						
APROVAÇÃO	BGF2	BGF2	BEVT						
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DE SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS N-0381 REV. L									

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 2 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1 RES/EE

Sumário

1	APRESENTAÇÃO.....	3
2	OBJETIVO.....	3
3	DOCUMENTOS COMPLEMENTARES.....	3
4	DEFINIÇÕES.....	4
5	REQUISITOS GERAIS.....	4
5.1	TESTES DE ACEITAÇÃO DE FÁBRICA (FATS) ANTES DA OPERAÇÃO INTEGRADA	5
5.2	TESTE DE OPERAÇÃO INTEGRADA.....	5
5.2.1	TESTE DE PARTIDA A LONGA DISTÂNCIA PARA MOTOR PMM	5
5.3	TESTES DE ACEITAÇÃO DE FÁBRICA (FATS) APÓS A OPERAÇÃO INTEGRADA	5
5.4	TESTES MÍNIMOS PARA FAT ANTES E APÓS A OPERAÇÃO INTEGRADA.....	5
5.4.1	TESTES MÍNIMOS A SEREM REALIZADOS EM CADA MOTOR.....	5
5.4.2	TESTES MÍNIMOS A SEREM REALIZADOS EM CADA SELO PROTETOR	6
5.4.3	TESTES MÍNIMOS A SEREM REALIZADOS EM CADA BOMBA CENTRÍFUGA E/OU DISPOSITIVO MANUSEADOR DE GÁS	6
5.4.4	TESTES MÍNIMOS A SEREM REALIZADOS NOS CONECTORES, PENETRADORES E CABOS ELÉTRICOS (CABO CHATO E CABO REDONDO, INCLUSIVE CABO DE EXTENSÃO DO MOTOR).....	6
5.4.5	TESTES MÍNIMOS A SEREM REALIZADOS EM CADA SENSOR DE FUNDO.....	6
5.5	RELATÓRIO DE HOMOLOGAÇÃO.....	7
6	REQUISITOS PARA A REALIZAÇÃO DO TESTE DE OPERAÇÃO INTEGRADA	7
7	REALIZAÇÃO DO TESTE DE OPERAÇÃO INTEGRADA.....	8
7.1	GERAL.....	8
7.2	TESTES ELÉTRICOS.....	9
7.2.1	TESTE NÚMERO 1 - OPERAÇÃO COM CARGA EM REGIME CONTÍNUO	9
7.2.2	TESTE NÚMERO 2 - <i>HIPOT TEST</i> (TESTE DE TENSÃO APLICADA)	9
7.2.3	TESTE NÚMERO 3 - TESTE DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO ISOLANTE	10
7.2.4	TESTE NÚMERO 4 - TESTE DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO E DE CONTINUIDADE	11
7.2.5	TESTE NÚMERO 5 – DESCARGAS PARCIAIS DOS MOTORES	12
7.3	TESTES MECÂNICOS.....	13
7.3.1	TESTE NÚMERO 1 - LEVANTAMENTO DAS CURVAS DE DESEMPENHO.....	13
7.3.2	TESTE NÚMERO 2 - SOBREVELOCIDADE E VIBRAÇÕES	13

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO	FOLHA: 3 de 16	
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS	NP-1	
				RES/EE

1 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta os testes a serem realizados, nas instalações do fabricante, para a qualificação de conjuntos de BCS para aplicação em cenários de produção de petróleo.

Os fornecedores, doravante, qualificados segundo os critérios contidos nesta ET estarão aptos para participar dos processos de aquisição de equipamentos para suprir bens e serviços para as campanhas de produção nos diversos cenários de aplicação desta tecnologia na Petrobras.


2 OBJETIVO

Estabelecer os testes necessários para a obtenção de equipamentos de adequada qualidade visando obter-se baixo índice de falhas prematuras e alta confiabilidade dos sistemas BCS, BCSS, MoBo e S-BCSS instalados para elevação artificial e bombeio de petróleo em todos os cenários de aplicação da Petrobras.

3 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente ET.

ET-3000.00-1243-91A-P9D-001-REV.B	- Conjunto de Bombeio Centrifugo Submerso Para Produção de Petróleo (N-2403 RevD).
ET-3000.00-1243-91A-P9D-002-REV.A	- Testes de fábrica de BCS para Poços Críticos;
API SPEC 5B	<i>Specification for Threading, Gaging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads</i>
API RP 11S	<i>THIRD EDITION, NOVEMBER 1, 1994 – Recommended Practice for the Operation, Maintenance and Troubleshooting of Electric Submersible Pump Installations</i>
API RP 11S1	<i>THIRD EDITION, SEPTEMBER 1997 – Recommended Practice for Electrical Submersible Pump Teardown Report</i>
API RP 11S2	<i>SECOND EDITION, AUGUST 1997 – Recommended Practice for Electric Submersible Pump Testing</i>
API RP 11S3	<i>Recommended Practice for Electric Submersible Pump Installations</i>
API RP 11S4	<i>Recommended Practice for Sizing and Selection of Electric Submersible Pump Installation</i>
API-RP11S5	<i>Recommended Practice for Application of Electric Submersible Cable Systems</i>
API RP 11S6	<i>FIRST EDITION, DECEMBER 1, 1995 – Recommended Practice for Testing of Electric Submersible Pump Cable Systems</i>
API-RP11S7	<i>Recommended Practice for Application and Testing of Electric Submersible Pump Seal Chamber Section</i>
API RP 11S8	<i>Recommended Practice on Electric Submersible Pump System Vibrations</i>
API-RP500	<i>Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities</i>
IEEE STD 252	<i>Test Procedure for Polyphase Induction Motors Having Liquid in the Magnetic Gap</i>
IEEE STD 1017	<i>Recommended Practice for Field Testing Electric Submersible Pump Cable</i>
IEEE STD 1018	<i>Recommended Practice for Specifying Electric Submersible Pump Cable - Ethylene-Propylene Rubber Insulation</i>
IEEE STD 519	<i>Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in</i>

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 4 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1
				RES/EE

IEEE STD 522	<i>Electrical Power Systems</i>
IEEE 1434-2000(R2005)	<i>Guide for Testing Turn Insulation of Form-Wound Stator Coils for Alternating-Current Electric Machines</i>
IEEE STD 43-2000 (R2006)	<i>Guide to Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery</i>
IEEE C57.113	<i>Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery</i>
IEEE C57.113	<i>IEEE Recommended Practice for Partial Discharge Measurement in Liquid-Filled Power Transformers and Shunt Reactors</i>
ISO-1940-1	<i>Mechanical Vibration - Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state - "Specification and verification of balance tolerances"</i>
ISO 10816-3	<i>FIRST EDITION, MAY 15, 1998 –Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ</i>
ISO 15551-1	<i>Petroleum and natural gas industries - Drilling and production equipment - Part 1: Electric submersible pump systems for artificial lift</i>
ICEA S-68 516	<i>Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable for Transmission and Distribution of Electric Energy</i>
ASTM D877	<i>Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes</i>
ASTM D923	<i>Standard Practices for Sampling Electrical Insulating Liquids</i>
ASTM D1533	<i>Standard Test Method for Water in Insulating Liquids by Coulometric Karl Fischer Titration</i>
IEC 60502-2	<i>Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV)</i>
IEC 885-2	<i>Electrical test methods for electric cables</i>

4 DEFINIÇÕES

BCS:	Bombeio Centrífugo Submerso;
BCSS:	Bombeio Centrífugo Submerso Submarino;
S-BCSS:	Bombeio Centrífugo Submerso Submarino instalado em SKID;
MoBo:	Módulo de Bombeio com BCSS;
CF:	Conversor de frequência;
BEP:	<i>Best Efficiency Point</i> ou Ponto de Máxima Eficiência;
Fornecedor:	Fabricante do conjunto BCS a ser qualificado;
FAT:	<i>Factory Acceptance Test</i> - teste de aceitação de fábrica;
Operação integrada:	Teste de operação em que o conjunto montado integralmente em um poço raso opera por um tempo de 72, 120 ou 168 horas contínuas;
MLE:	<i>Motor Lead Extension;</i>
MTTF:	<i>Mean time to failure;</i>
PD:	<i>Partial Discharge</i> (Descarga parcial);
PMM:	<i>Permanent Magnetic Motor</i> (Motor de Ímã Permanente);


5 REQUISITOS GERAIS

A qualificação técnica consiste na aprovação dos equipamentos nos testes descritos nesta ET.

O conjunto BCS a ser qualificado pelo fornecedor deverá ser enquadrado nas faixas de potência de motores até 150HP (Cenário I), entre 150HP e 500HP (Cenário II) e acima de 500HP(Cenário III).

Os motores submersíveis que equiparão os conjuntos de BCS e BCSS a serem testados seguindo os requerimentos contidos nesta ET poderão ser de indução ou de Ímãs permanentes (PMM).

Os equipamentos referentes ao “Cenário I” serão aplicados, prioritariamente, em poços terrestres de completação seca (*onshore*), os do “Cenário II” em poços marítimos de completação seca (*offshore*) e os do “Cenário III” em poços marítimos de completação molhada (*subsea*).

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 5 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1
				RES/EE

Dada a complexidade dos equipamentos associados a cada um dos Cenários e, ainda, que o grau de robustez destes é tanto maior quanto maior é o número do Cenário, ou seja, o Cenário III é mais complexo do que o Cenário II que é mais complexo do que o Cenário I, caso o fornecedor seja qualificado para um Cenário mais complexo estará, automaticamente, qualificado para o(s) Cenário(s) menos complexo(s).

5.1 Testes de Aceitação de Fábrica (FATs) antes da operação integrada

Cada equipamento que compõe um conjunto de bombeio centrífugo submerso (BCS) deverá passar, individualmente, por testes específicos. Os relatórios dos FATs emitidos pelo fabricante deverão ser previamente analisados, à luz dos valores e dos requisitos mínimos para aceitação estabelecidos nesta ET e pelas normas aplicáveis. Apenas se os equipamentos forem aprovados nos FATs estarão aptos para a realização do teste de operação integrada, necessário para a qualificação.

5.2 Teste de Operação Integrada

Entende-se por teste de operação integrada aquele cujo conjunto BCS é montado integralmente em um poço raso (poço de testes), disponibilizado pelo fornecedor interessado, para operar por um período de 168(cento e sessenta e oito) horas contínuas.

Durante o funcionamento do conjunto BCS em qualificação deverão ser monitorados diversos parâmetros operacionais, tais como: temperatura, pressão, vibração, tensão, corrente, potência, dentre outros.

Este teste tem por objetivo avaliar o desempenho dos equipamentos que constituem o conjunto BCS ou BCSS operando de forma integrada e deverá ser executado pelo fabricante/fornecedor, conforme definido no item 7 desta ET.

5.2.1 Teste de partida a longa distância para motor PMM

Os conjuntos de BCS equipados com motores PMM com potências acima de 500HP (Cenário III) deverão ser submetidos aos Testes de Operação Integrada com simuladores de cabo para a realização de operação simulando os seguintes comprimentos de cabos elétricos de potência: 5.000 metros, 10.000 metros, 15.000 metros e 20.000 metros.

5.3 Testes de Aceitação de Fábrica (FATs) após a Operação Integrada

Os relatórios dos FATs, após o teste de operação integrada, emitidos pelo fabricante, deverão ser previamente analisados à luz dos valores e dos requisitos mínimos para aceitação, estabelecidos pelas normas aplicáveis e presente documento, cujos resultados deverão constar no relatório de homologação.


5.4 Testes mínimos para FAT antes e após a operação integrada

Os testes deverão ser realizados de acordo com as referências normativas aplicáveis a todos os equipamentos e/ou componentes do conjunto BCS: sensores de fundo, motores de indução ou de ímãs permanentes, selos protetores, dispositivos homogeneizadores de gás, bombas, conectores, penetradores e cabos elétricos.

Abaixo, estão estabelecidos os testes mínimos que deverão ser realizados:

5.4.1 Testes mínimos a serem realizados em cada motor

- Inspeção visual e dimensional;
- Testes para determinar a resistência do isolamento (Megagem);
- Testes de continuidade para avaliar o balanceamento entre as fases;
- Teste de rigidez dielétrica;
- Teste de Tensão Aplicada (*Hipot*), em conformidade com a norma indicada pela Petrobras;
- Teste de descargas parciais (*PD Test*) em conformidade com a norma indicada pela Petrobras;
- Verificação do giro e do sentido de rotação;
- Verificação de cotas do eixo (folga axial, folga radial, entre outros);
- Teste em bancada para levantamento do *Coast Time* (tempo necessário para parada do rotor após desligamento do motor);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 6 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1 RES/EE

- Teste de partida do motor em vazio com no mínimo 40% da tensão nominal(aplicável apenas a motores de indução);
- Teste de partida do motor em carga (a longas distâncias) com 5.000m, 10.000m, 15.000m e 20.000m de cabo elétrico até atingir vazão no BEP à rotação e tensão nominais de placa. Esta exigência é aplicável apenas a motores de ímãs permanentes (PMM);
- Medições da vibração do motor, durante a operação em bancada, em pelo menos três pontos distintos (topo, meio e base) e nas direções x e y.

Observação: Os motores devem estar completamente cheios de óleo para a realização dos testes elétricos.

5.4.2 Testes mínimos a serem realizados em cada selo protetor

- Inspeção visual e dimensional;
- Verificação de cotas do eixo (folga axial, folga radial, entre outros);
- Teste de pressão para verificar estanqueidade dos selos mecânicos e bolsas elastoméricas ou foles metálicos;
- Teste funcional das *check valves*;
- Verificação do giro;
- Teste dinâmico;
- Medições da vibração em pelo menos três pontos distintos (topo, meio e base) e nas direções x e y;
- Drenagem do equipamento e coleta de amostra;
- Medição da rigidez dielétrica do óleo dielétrico;
- Análise físico-química das amostras de óleo isolante pelo método Karl Fischer Coulométrico;

5.4.3 Testes mínimos a serem realizados em cada bomba centrífuga e/ou dispositivo manuseador de gás

- Inspeção visual e dimensional;
- Verificação de cotas do eixo (folga axial, folga radial, entre outros);
- Verificação do giro;
- Teste hidrostático com 110% da classe de pressão da bomba, por 5 minutos;
- Levantamento das curvas de desempenho em bancada (*head*, eficiência e potência versus vazão) e corrigir para 3500 RPM (60 Hz) pelas leis de afinidade;
- Medições de vibração em pelo menos três pontos (topo, meio e base) e nas direções x e y;

5.4.4 Testes mínimos a serem realizados nos conectores, penetradores e cabos elétricos (cabo chato e cabo redondo, inclusive cabo de extensão do motor)

- Inspeção visual e dimensional;
- Testes para determinar a resistência do isolamento (Megagem);
- Testes de continuidade e de balanceamento entre as fases;
- Teste de Tensão Aplicada (Hipot) em conformidade com a norma indicada pela Petrobras;
- Teste de pressão do conector do pot head;


Observações:

1- Para o cenário de potência superior a 500 HP, o cabo de extensão do motor deve suportar a taxa de descompressão de 1000 psi/min.

2- Para a aceitação do cabo de extensão do motor e outros conectores são solicitadas radiografias (Raios-X) da terminação de fábrica dos conectores. Mínimo de 3 (três) radiografias por terminação de conector, devendo estar defasadas de 120º (cento e vinte graus).

5.4.5 Testes mínimos a serem realizados em cada sensor de fundo

- Inspeção visual e dimensional;
- Testes para determinar a resistência do isolamento (Megagem);
- Testes funcionais e de diagnóstico do sensor.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 7 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1
				RES/EE

5.5 Relatório de homologação

Ao final dos testes, a Petrobras emitirá o relatório de homologação, reunindo todos os resultados dos testes de qualificação realizados em cada equipamento e no conjunto BCS montado, fornecidos pelo fabricante. O objetivo deste relatório é documentar cada etapa do processo de aprovação dos equipamentos, contendo os testes, seus respectivos resultados e a conclusão da qualificação ou não do fornecedor.

Dentre outras informações, o relatório de homologação deverá conter os resultados da qualificação técnica dos equipamentos, contendo:

- Curvas de desempenho (*vazão versus head*, *vazão versus potência* e *vazão versus eficiência*) à velocidade nominal;
- Resultados dos testes de rigidez dielétrica realizados;
- Resultados das cotas de eixo verificadas nos equipamentos;
- Resultados dos parâmetros elétricos medidos (continuidade e megagem);
- Registro do *Coast time* dos motores;
- Resultado do teste de partida com 40% da tensão do motor;
- Resultado do teste de partida com carga a longas distâncias;
- Resultados dos testes de funcionalidade dos selos protetores;
- Resultados dos testes de Descargas Parciais;
- Registros das radiografias realizadas nas terminações dos conectores;
- Resultados dos testes hidrostáticos e de pressão;
- Resultados dos testes dinâmicos dos equipamentos individuais e do conjunto BCS;
- Resultados do teste de *Hipot*;
- Resultados registrados das vibrações;
- Certificado de calibração dos instrumentos utilizados.

6 REQUISITOS PARA A REALIZAÇÃO DO TESTE DE OPERAÇÃO INTEGRADA

O fabricante deverá elaborar o procedimento detalhado dos testes e submetê-lo à Petrobras para comentários, com uma antecedência mínima de 30 (trinta) dias da data prevista para início dos mesmos. Neste procedimento deverão estar incluídos os critérios para aceitação dos testes, como por exemplo: o *Coast time* do motor, a tolerância do jogo de eixo dos equipamentos, dentre outros.

Durante a realização dos testes, a alimentação de energia elétrica e o acionamento do conjunto de bombeio centrífugo submerso será realizado por um conversor de frequência (CF), que deverá atender às especificações do motor utilizado (potência, tensão, corrente etc). A saída do CF para alimentação do motor deve ser estável e sem oscilações dos parâmetros elétricos.

Para a medição de torque e rotação um medidor ou célula de torque deverá ser montado no conjunto a ser testado.


Todos os dados de fluxo, torque e pressões deverão ser medidos e obtidos em conformidade com as recomendações da API RP 11S2 e em pelo menos três frequências distintas (40, 45, 50, 55 e 60 Hz). Estes dados deverão ser registrados e disponibilizados pelo fornecedor.

Todos os testes elétricos deverão ser realizados utilizando equipamentos de medição apropriados e devidamente certificados, aferidos e calibrados, o que inclui megômetros, multímetros, osciloscópios, dentre outros. Os sinais deverão ser registrados e disponibilizados pelo fornecedor.

O uso do sensor de fundo é opcional, pois não faz parte da qualificação, no entanto a sua utilização é desejável, uma vez que permite monitoração de parâmetros operacionais, além do conhecimento do desempenho deste equipamento.

Os valores dos parâmetros listados a seguir deverão ser monitorados e registrados continuamente:

- Tensões e correntes na saída do CF em cada uma das fases;
- Vazão e pressão na cabeça do poço;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B	
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO	FOLHA: 8 de 16		
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS	NP-1		
			RES/EE		

- Torque no eixo do motor;
- Rotação do motor.

Deverão ser coletados e fornecidos arquivos no formato CSV (*Comma-separated Values*) contendo os valores amostrados com taxa de amostragem de 3,0 kHz de cada uma das três fases de tensões e de correntes na saída do VSD, devendo abranger, no mínimo, a partida do sistema (início dos testes) e outras a cada 12 horas de teste.

O diagrama unifilar da instalação para o teste de operação integrada está ilustrado na figura 1.

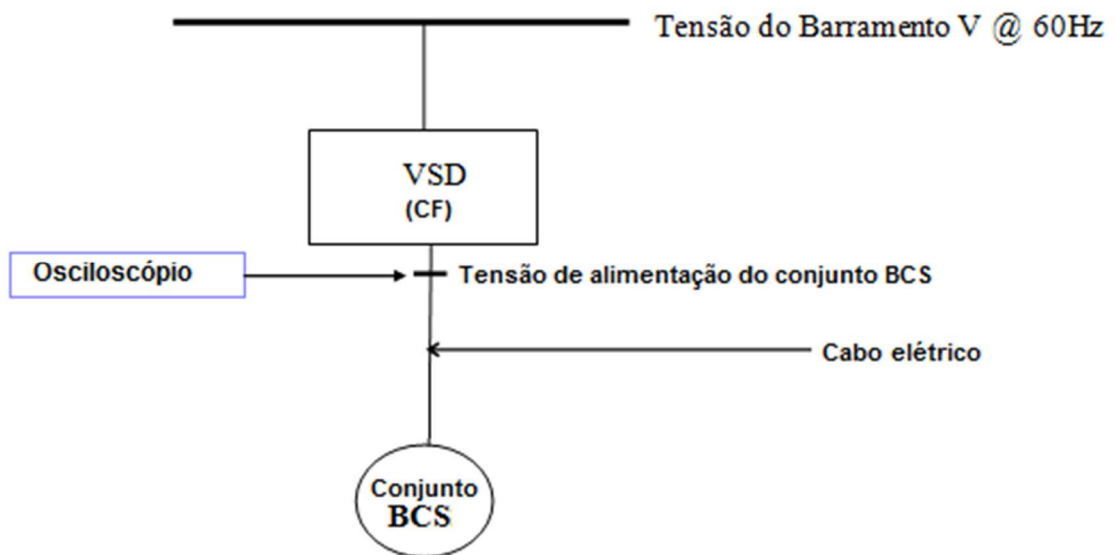


Figura 1 - Diagrama unifilar para o teste de operação integrada

Em relação à análise vibratória durante o teste integrado, esta deverá ser conduzida com hardware e software de medição e coleta de dados vibratórios de propriedade do fornecedor ou outro equipamento, desde que previamente aprovados pela PETROBRAS. Os acelerômetros devem ter sensibilidade de 0,1 V/g, e faixa de frequência de 0,6 Hz a 10 kHz (com tolerância de 10 %). Os acelerômetros devem ser eletricamente isolados e encapsulados em recipientes à prova d'água, ou especificados para operar imersos em água.


7 REALIZAÇÃO DO TESTE DE OPERAÇÃO INTEGRADA

7.1 Geral

Inicialmente, devem ser verificadas as condições de superfície operacionais do circuito de testes e do sistema de acionamento e controle, tais como disponibilidade e interligação do sistema supervisor, situação do CF e sua parametrização, sistemas de proteção e segurança e a integridade elétrica do sistema. Todos os instrumentos, sensores e dispositivos necessários à realização dos testes devem estar operacionais e com a data de calibração dentro do prazo de validade.

A duração do teste inclui o tempo inicial para a estabilização das temperaturas dos cabos elétricos e do conjunto, sistema de resfriamento e do ambiente, desde a partida. Os limites de tensão e corrente do motor do conjunto deverão ser acompanhados durante toda a realização dos testes.

Os testes a serem realizados estão descritos nos itens a seguir e estão separados em testes mecânicos e testes elétricos.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 9 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1 RES/EE

7.2 Testes elétricos

7.2.1 Teste número 1 - Operação com carga em regime contínuo

Realizar a partida do conjunto de bombeio e atingir a frequência de 40 Hz. Inicialmente, avaliar se a rotação do conjunto está no sentido adequado e caso contrário, desligar, inverter as fases de alimentação, realizar nova partida na frequência de 40 Hz.

Nos testes de conjunto de BCS com motores PMM superiores a 500 hp, a operação de partida deve ser repetida para os seguintes comprimentos de cabos elétricos: 5.000m, 10.000m, 15.000m e 20.000m;

Após a estabilização da temperatura dos componentes do sistema, inclusive componentes elétricos, obter os registros dos sensores de monitoramento. Com a operação estabilizada, deve-se verificar se a operação dos equipamentos e dos instrumentos de medição está adequada.

Após a realização da partida e da coleta de dados, a frequência será elevada na saída do conversor de frequência (CF) até 60 Hz e a vazão ajustada no BEP, pois nesta condição será realizado o teste de operação integrada.

O objetivo deste teste é verificar a correta operação do conjunto de bombeio, monitorando-se vibrações, pressões e temperaturas durante 168 (cento e sessenta e oito) horas.

Registrar um período mínimo de 1,0s em arquivos no formato CSV (*Comma-separated Values*), os valores amostrados com taxa de amostragem mínima de 3,0kHz de cada uma das três fases de tensões e de correntes, coletadas na entrada e na saída do CF.

a. Critérios de aceitação

O sistema deve operar com parâmetros estáveis durante todo o período do teste e dentro dos limites operacionais dos equipamentos do conjunto de BCS.

7.2.2 Teste número 2 - HIPOT TEST (Teste de tensão aplicada)

O objetivo deste teste é verificar a qualidade do isolamento em cabos de potência, *motor lead extension* (MLEs com seu conector) e motores.

As medições nos cabos de potência e MLEs (com seus respectivos conectores) para motores deverão ser realizadas entre cada uma das fases e a terra, fase contra fase e em conformidade com a API RP 11S6.


Table 11—DC Test Voltages (kV) for ESP Cable

(1)	(2)	(3)	(4)
Cable Rating ac ϕ - ϕ	Factory Test Voltage	Acceptance Test Voltage	Maintenance Test Voltage
3	27	22	11
5	35	28	14

Table 12—DC Test Voltages (kV) for Connectors, Penetrators, and Potheads

(1)	(2)	(3)
Cable Rating ac ϕ - ϕ	Acceptance Test Voltage	Maintenance Test Voltage
3	18	11
5	24	14

Figura 3 – Tabela retirada do documento API RP 11S6.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 10 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1 RES/EE

Para os cabos de potência e MLEs (com seus respectivos conectores) de média tensão, isto é, superior à classe de tensão de 5kV (fase-fase), o referido teste deverá ser realizado entre cada uma das fases e a terra, fase contra fase e em conformidade com a IEC 60502-2.

Para a realização do *Hipot*, as extremidades dos cabos de potência e MLEs devem estar preparadas com terminações especiais para evitar a influência do efeito corona nos resultados dos mesmos.

Os motores deverão ser submetidos a 11 kVDC por 5 minutos e deverão estar completamente preenchidos com óleo dielétrico.

a. Critérios de aceitação:

- i. Cabos de potência e MLEs (com seus respectivos conectores), quando submetidos às tensões previstas na API RP 11S6 ou na IEC 60502-2 não devem apresentar corrente de fuga superior a 0,2 microA/kV/kft, após 5 (cinco) minutos;
- ii. Os motores quando submetidos a 11 kVDC não devem apresentar corrente de fuga superior a 1,0 microA nas leituras tomadas com 5 minutos.

7.2.3 Teste número 3 - Teste de Propriedades Físico-Químicas do Óleo Isolante

O objetivo deste teste é verificar a preservação das características físico-químicas do óleo isolante que preenche os motores e protetores, após o conjunto BCS ser submetido a uma operação em poço de testes por período de 168 horas, sendo água o fluido bombeado

a. Teor de Água no Óleo Isolante

As amostras do óleo isolante devem ser obtidas conforme ASTM D923, devendo ser coletados, no mínimo, nos seguintes pontos:

- i. Cabeça do motor superior;
- ii. Cabeça e base do motor inferior;
- iii. Em todas as câmaras dos selos protetores e naquelas onde existam bolsas ou foles metálicos, devendo ser obtidas duas amostras, uma da parte externa e outra da parte interna destes componentes.

A coleta das amostras deve ocorrer com o conjunto na posição vertical, durante sua descida e sua retirada do poço de testes, sem qualquer reposição de óleo antes das amostragens e no ponto mais baixo em cada câmara.

Somente haverá reposição de óleo após a amostragem e antes da descida no poço de testes, sendo feita através do ponto mais baixo de cada câmara.

Antes da coleta, o ponto de amostragem (ex: válvula de dreno) deve ser devidamente limpo e seco, de modo a evitar sua contaminação.

O óleo deve ser amostrado em seringa de vidro (transparente e quimicamente inerte) de, no mínimo, 50ml, conforme capítulo 8 da ASTM D923.


O teor de água deverá ser medido pela titulação coulométrica de karl fischer, seguindo procedimento conforme ASTM D1533.

b. Rigidez Dielétrica

As amostras do óleo isolante devem ser obtidas conforme norma técnica ASTM D877, devendo ser coletados, no mínimo, nos seguintes pontos:

- i. Cabeça do motor superior;
- ii. Cabeça e base do motor inferior;
- iii. Em todas as câmaras dos selos protetores e naquelas onde existam bolsas ou foles metálicos, devendo ser obtidas duas amostras, uma da parte externa e outra da parte interna destes componentes.

A coleta das amostras deve ocorrer com o conjunto na posição vertical, durante sua retirada do poço de testes, sem qualquer reposição de óleo antes da amostragem e no ponto mais baixo de cada câmara.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 11 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1
				RES/EE

As amostras devem ser coletadas em recipientes de vidro (transparente e quimicamente inerte), de forma a possibilitar sua inspeção visual.

Antes da coleta de cada amostra, o ponto de amostragem (ex: válvula de dreno) deve ser devidamente limpo e secado, de modo a evitar sua contaminação.

O óleo isolante deve ser amostrado de forma lenta, escoando pelas paredes do recipiente, de modo a evitar bolhas de ar na amostra. O recipiente deve ser preenchido completamente, evitando-se o acúmulo de umidade em seu interior. Deve ser amostrada um volume ao redor de 500ml.

A medição da rigidez dielétrica do óleo isolante deve ser realizada conforme ASTM D877.

Imediatamente antes de preencher a célula de ensaios, o recipiente de vidro deve ser agitado suavemente, movendo-se seu conteúdo várias vezes e em todas as direções, de forma a garantir sua completa homogeneização.

Antes do preenchimento, a célula de ensaios deve ser enxaguada com parte do óleo da própria amostra. Em seguida, a célula deve ser drenada e preenchida suavemente com o óleo da amostra a ser ensaiada, evitando-se a ocorrência de bolhas de ar.

Após o preenchimento da célula de ensaio, aguardar um período de dois a três minutos para a inicialização da medição.

Conforme ASTM D877, o valor da rigidez dielétrica corresponde à média de 5 medições consecutivas na mesma amostra, realizados em intervalos de um minuto.

c. Critérios de Aceitação

A variação do teor de água nas amostras colhidas num mesmo ponto do conjunto BCS antes e depois da operação em poço de testes, determinados pelo método de titulação coulométrica de Karl Fisher, deverá ser inferior a 100ppm.

O valor de rigidez dielétrica da amostra colhida durante a retirada do conjunto do poço de testes deve atender às seguintes condições:

- Ser superior a 75% (setenta e cinco por cento) do valor medido do óleo utilizado durante a instalação do conjunto;
- Ser superior a 20kV.

O valor de rigidez dielétrica obtido também deve atender aos critérios estabelecidos na seção 11.3.2 da ASTM D877.

7.2.4 Teste número 4 - Teste de resistência de isolamento e de continuidade

O objetivo deste teste é verificar a integridade do isolamento elétrico dos motores. Para estes testes, os motores deverão estar completamente preenchidos com óleo dielétrico.

Este ensaio deve ser realizado durante o FAT, antes da instalação dos equipamentos no poço de testes e após a desmontagem do conjunto BCS, depois da saída dos motores do poço de teste.

O teste de resistência de isolamento deve ser realizado aplicando-se 500 VDC por 5 (cinco) minutos em uma das fases do motor, contra a massa, com as bobinas do motor fechadas na base.

O teste de resistência de continuidade deve ser realizado com aplicação de voltagem igual ou superior a 12 VDC em cada par de fases do motor.

Devem ser registrados a temperatura dos enrolamentos no momento do teste, e os valores da resistência de isolamento para 1 min e 5 min durante o teste.


O fabricante, adicionalmente, poderá realizar novas medições utilizando os seus próprios critérios, aplicando tensões que variam de 1000 a 3000 VDC, no entanto, deve ser registrada, também, a resistência de isolamento @ 2500 VDC em 5 min e 20°C.

A correção da resistência de isolamento pela temperatura deve seguir o recomendado na norma IEEE STD 43-2000 (R2006).

a. Critérios de aceitação

Os valores de resistência de isolamento encontrados durante os testes devem ser corrigidos para a temperatura de 20°C e os valores obtidos não poderão ser inferiores a 10.000 Mohms (@ 500 VDC, 5min).

Os três valores de resistência de continuidade não devem possuir desvio superior a 3% da média dos valores medidos.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 12 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1
				RES/EE

7.2.5 Teste número 5 – Descargas Parciais dos Motores

O objetivo deste teste é inferir sobre a condição geral e a integridade da isolamento dos enrolamentos estatóricos dos motores elétricos submersíveis através da medição *off-line*, isto é, com o motor parado, de descargas parciais. Com este teste, procura-se identificar a presença de falhas e/ou imperfeições nos enrolamentos em questão.

Este teste deve ser realizado antes e após a realização do teste de integração do conjunto BCS. A medição de descargas parciais deve ser realizada em conformidade com a IEEE Std C57.113.

a. Bancada de Ensaio e procedimento

A bancada de ensaios deve atender aos requisitos da IEEE Std C57.113.

A instrumentação para a medição de descargas parciais e todos seus componentes, como calibradores e divisores, devem possuir certificado de aferição e calibração válido e atestado por órgão acreditado internacionalmente e/ou aceito pela Petrobras.

As medições de descargas parciais devem ser executadas conforme IEEE Std C57.113 e IEEE Std 1434, sendo os resultados registrados em pC (picoCoulomb).

O ensaio deve ser realizado com o motor completamente montado, com todas suas seções interconectadas, com o neutro fechado e preenchido de óleo isolante.

A carcaça do motor deve ser aterrada no mesmo ponto de aterramento usado pela bancada de testes, de modo a prover uma funcionalidade similar à de gaiola de faraday.

A tensão elétrica deve, primeiramente, ser elevada até ao valor de tensão de ensaio de descargas parciais e mantida por, pelo menos, um minuto ou até o instante no qual há um nível estável de descargas parciais, de modo a verificar se não há nenhum problema com o arranjo de ensaio. O nível de descargas parciais deve ser registrado no instante imediatamente anterior à elevação da tensão ao nível de excitação. A tensão deve ser elevada até o valor de excitação e mantida por 7200 ciclos, para ser diretamente reduzida para o valor de tensão de ensaio de descargas parciais e mantida por uma hora. Durante o período de uma hora, a medição de descargas parciais deve ser realizada em intervalos de 5,0min, sendo devidamente registrada.

O valor da tensão de ensaio de descargas parciais deve ser igual a ou superior a 140% da tensão fase-neutro nominal do motor elétrico. Já a tensão de excitação deve ser igual a 115% da tensão fase-neutro nominal do motor elétrico.

Recomenda-se que a adoção de medidas para evitar que sinais de descargas parciais oriundos da fonte de tensão da bancada de testes sejam captados pela instrumentação, de modo a evitar que sejam confundidas como oriundas do motor elétrico sendo ensaiado.

O ruído de fundo deve ser inferior a 100pC.

A instrumentação deve ser calibrada com um calibrador ajustado para um valor de 50% a 200% da intensidade de descargas parciais especificadas, que, no presente caso, é igual a 1000pC, devendo a calibração ser realizada imediatamente antes da realização de cada ensaio.

Durante a realização do ensaio, a corrente elétrica demandada da fonte de tensão deve ser monitorada. Em caso de elevação súbita de seu valor, o ensaio deve ser interrompido e suas causas devem ser identificadas.

b. Critérios de aceitação


Em termos de interpretação da medição de descargas parciais, os resultados obtidos após a realização do teste de operação integrada devem ser considerados aceitáveis se as seguintes condições forem atendidas:

I. A magnitude das descargas parciais não deve exceder 1000pC durante o período de uma hora;
 II. O incremento no nível de descargas parciais durante o período de uma hora não deve exceder 200pC;

III. O nível de descargas parciais durante o período de uma hora não deve apresentar tendência de crescimento contínuo e nem o repentino aparecimento de tendência de crescimento contínuo deve ser observado nos últimos vinte minutos do ensaio;

IV. Os níveis de descargas parciais medidos após a realização do teste de operação integrada devem ser inferiores aos registrados antes do teste.

Deve-se ter atenção na gravação das leituras de cinco minutos, de modo a não registrar excursões momentâneas das leituras de descarga parcial causadas por ponte rolante ou outras fontes ambientais.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO		FOLHA: 13 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS		NP-1 RES/EE

7.3 Testes mecânicos

7.3.1 Teste número 1 - Levantamento das curvas de desempenho

Objetivos deste teste:

- i. Garantir que o conjunto de BCS está operando sem ocorrência de desbalanceamento, em toda a faixa de frequência;
- ii. Levantar as curvas de desempenho da bomba, conforme estabelece a API RP 11S2, com todo o conjunto operando no poço de teste;
- iii. Verificar a ocorrência de frequência natural dentro do range de frequência.

Este levantamento é realizado durante o teste de operação integrada. Para a realização do teste, deve-se iniciar a operação do CF em 40 Hz, para a vazão ótima (BEP). Após a estabilização da temperatura dos componentes do sistema, inclusive componentes elétricos (cabos elétricos de potência, indutores e capacitores), realizar a tomada de todos os dados operacionais, inclusive os parâmetros elétricos e de vibração. Realizar o registro de todos os parâmetros monitorados durante este ensaio para a vazão de máxima eficiência (BEP) nas frequências de 50 Hz e 60 Hz. Na sequência, realizar a mesma operação para 40 Hz vazão mínima (MIN), 40 Hz vazão máxima (MAX) e seguir o mesmo procedimento para as frequências de 50 Hz e 60 Hz.

O fabricante deverá fornecer um gráfico (Curva da bomba) com todas as informações supracitadas do ensaio realizado quando o conjunto estiver montado no poço, durante o teste de operação integrada. Este ensaio deve ser comparado àquele realizado nas bombas em bancada (durante o FAT).

Obs: Os dados coletados deverão ser informados no relatório do teste de operação integrada.

a. Critérios de aceitação

O sistema deve operar com parâmetros estáveis em acordo com os valores obtidos no levantamento das curvas de desempenho em bancada, e devem atender à norma API-RP-11S2, transcrita na tabela abaixo, sendo a tolerância do *head*, vazão e a potência aplicável à faixa recomendada e a eficiência ao ponto de melhor desempenho:

Frequência (Hz)	Tolerância (%) API RP 11S2		
	Head e vazão	Potência	Eficiência
40, 50, 60	+/- 5,0%	+/- 8,0%	- 10%

Frequências críticas devem ser registradas para que se evite a operação do sistema BCS nestes valores, ou para que a passagem por estes pontos seja rápida durante a aceleração do conjunto.


7.3.2 Teste número 2 - Sobrevelocidade e vibrações

O objetivo deste teste é medir, verificar e coletar dados de vibração para o conjunto de bombeio centrífugo submerso (BCS) durante a realização do teste integrado com todos os equipamentos acoplados e operando em conformidade com as recomendações do API RP11S8.

a. Localização dos acelerômetros

Em cada ponto de medição de vibração nos equipamentos, os dois acelerômetros deverão estar defasados em 90°. Os acelerômetros deverão ser fixados em cada componente (motor, protetor, bomba etc) do conjunto de bombeio (BCS), nas seguintes posições:

- i. Dois em um ponto equidistante entre a cabeça e a base de cada equipamento;
- ii. Dois próximos ao mancal do topo de cada equipamento;
- iii. Dois próximos ao mancal da base de cada equipamento; e

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B	
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO	FOLHA: 14 de 16		
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS	NP-1		
			RES/EE		

- iv. Dois em um ponto da tubulação de descarga acima do nível do piso e/ou plataforma de acesso.

b. Processamento dos sinais

Conforme citado no item 6, a análise dos testes deverá ser conduzida com *hardware* e *software* de medição e coleta de dados vibratórios de propriedade do fornecedor ou outro equipamento, desde que previamente aprovados pela PETROBRAS.

c. Descrição e fornecimento de acelerômetros

Conforme citado no item 6, os acelerômetros devem ter sensibilidade de 0,1 V/g, e faixa de frequência de 0,6 Hz a 10 kHz (com tolerância de 10 %). Os acelerômetros devem ser eletricamente isolados e encapsulados em recipientes à prova d'água, ou especificados para operar imersos em água.

d. Limites de vibração

Os documentos API RP 11S8 e ISO 10816-3 serão usados como referência para a análise vibratória do conjunto de bombeio (BCS) em operação no poço de testes. Todavia, como é esperado um alto pico de vibração associado com a componente de "chicote" de óleo dielétrico do motor, será considerado como o limite de aceitação picos de velocidade de vibração com valores de até 0.250 in/s (6,35 mm/s), porém, desde que as frequências desses picos estejam abaixo de 75 % do valor da frequência de rotação do conjunto. Para componentes cujas frequências estejam acima de 75% do valor da frequência de rotação, os picos de velocidade deverão se manter inferiores a 0.156 in/s (3,96 mm/s).


Os resultados dos ensaios de vibração deverão passar por processamento e análises especiais quanto aos seus espectros de frequência, de maneira a identificar se a forma do espectro de cada acelerômetro nas diferentes condições operacionais se enquadra na normalidade esperada para o funcionamento dos equipamentos que fazem parte do conjunto de bombeio (BCS). Nesta análise, o sinal oriundo de cada um dos acelerômetros utilizados no ensaio é classificado em operação normal, falha de acelerômetro ou indício de problema, que pode ser: desalinhamento, roçamento ou desbalanceamento do conjunto. A depender da classificação obtida pelo acelerômetro no diagnóstico do especialista, o conjunto pode ser considerado reprovado na análise vibratória.

e. Procedimento do teste de vibração

Os dados vibratórios do conjunto de BCS em operação no poço de teste deverão ser coletados através de acelerômetros encapsulados e fixados no corpo do conjunto. A Figura 4 apresenta ilustrações da fixação de um acelerômetro no corpo dos equipamentos do conjunto.



Figura 4 - Fixação dos acelerômetros no corpo do conjunto de BCS

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B	
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO	FOLHA: 15 de 16		
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS	NP-1		
				RES/EE	

Algo em torno de meio milhão de dados, aproximadamente, deverá ser coletado por meio de uma frequência amostral de 4096 Hz para cada condição de operação estabilizada. A razão para a coleta desta grande quantidade de dados deve-se à necessidade de se obter uma redução dos efeitos de ruídos e componentes não estacionárias no espectro de frequências. Como a aplicação de filtros *anti-aliasing* pode mascarar a detecção de problemas devido à eliminação de componentes vibratórias relevantes, deverão ser coletados os sinais com a aplicação de filtro *anti-aliasing* e também os sinais sem a utilização deste filtro (*anti-aliasing*).

Um efeito conhecido como “loop de terra”, causado pela fiação elétrica paralela aos cabos, pode gerar um forte ruído nos sinais coletados. Para evitar este efeito, deverá ser feito um só aterramento para todo sistema de aquisição de sinais vibratórios. Para isso, os acelerômetros com carcaças metálicas devem ser adequadamente isolados para evitar o contato com a carcaça do componente do conjunto de bombeio ou com qualquer outra parte condutora de corrente elétrica da bancada de teste. Também poderão ser utilizados quaisquer outros acelerômetros com especificação de isolamento tal que impeça o efeito de “loop de terra”.

f. Critério de aceitação

Considerar como limites para o teste de vibração, os valores citados na tabela seguinte e representados na figura 5:

Frequência (Hz)	Valor máximo (pol/sec)
Entre 75% da frequência de operação e 1000 Hz	0,156
Entre 2 Hz e 75% da frequência de operação	0,250

Observa-se que o chicoteio de óleo ocorre em torno de 50% da frequência de operação, sendo considerado tolerável e sem riscos aos equipamentos.

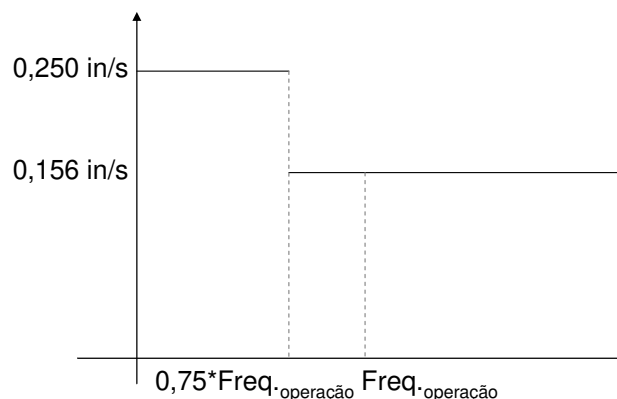



Figura 5 - Limites toleráveis para a vibração

Os valores aceitos pela Petrobras são menos restritivos que os valores da API RP 11S8, referência para os resultados da análise vibratória.

As figuras 6 e 7 apresentam assinaturas dos espectros de frequência com indicativos de roçamento e desalinhamento de eixo, e que devem ser evitados e corrigidos para os equipamentos fornecidos.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1243-974-P9D-002	REV. B
	PROJETO	FAMÍLIA – FM CONJUNTO BCS PARA POÇO DE PETRÓLEO	FOLHA: 16 de 16
	TÍTULO:	REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA FORNECIMENTO DE CONJUNTO DE BCS	NP-1
			RES/EE

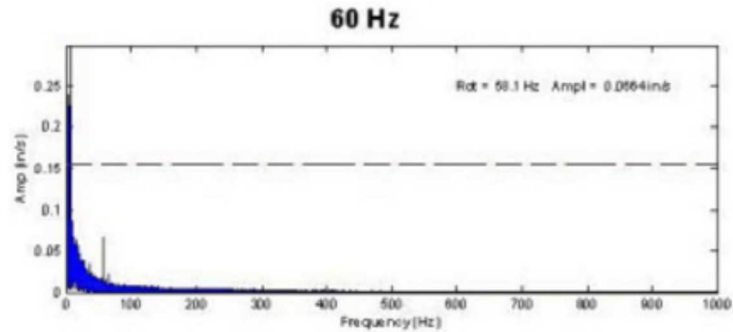


Figura 6 - Espectro de frequência indicativo de roçamento.

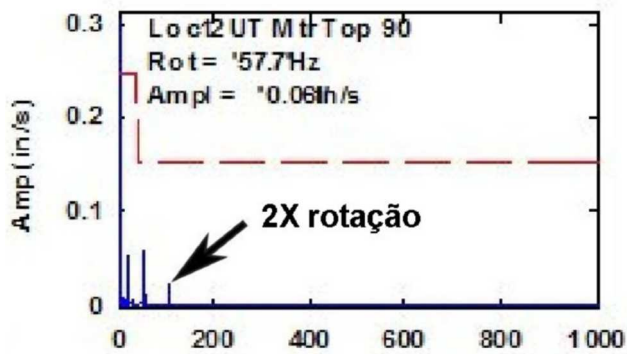


Figura 7 - Espectro de frequência indicativo de desalinhamento de eixo